

⑤Int.Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

④公開 平成1年(1989)5月19日

B 62 D 6/04

8609-3D

審査請求 未請求 発明の数 1 (全28頁)

⑭発明の名称 車両の操舵制御装置

⑰特 願 昭62-284046

⑱出 願 昭62(1987)11月10日

⑲発 明 者 天 野 也 寸 志 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会
社豊田中央研究所内

⑲発 明 者 土 居 俊 一 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会
社豊田中央研究所内

⑲発 明 者 山 口 裕 之 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会
社豊田中央研究所内

⑲発 明 者 林 靖 享 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会
社豊田中央研究所内

⑲出 願 人 株式会社豊田中央研究 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1
所

⑲代 理 人 弁理士 高橋 克彦 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

車両の操舵制御装置

2. 特許請求の範囲

(1) 車両の操舵量を制御する操舵制御装置にお
いて、

ハンドルの操舵角を検出する操舵センサと、
車両の挙動量を検出する挙動センサと、

車速や積載荷重、車輪にかかる荷重、車輪の
回転数等の車両状態量を検出する車両状態検出
センサと、

前記操舵センサより出力された操舵角信号
をそのまま出力する操舵角信号回路と、前記
操舵角信号を係数倍する第1係数器を有する
操舵角信号演算回路と、前記操舵角信号から
操舵角速度信号を演算する微分回路と該微分
回路から出力された操舵角速度信号を係数倍
する第2係数器とからなる操舵角速度信号演

算回路と、前記操舵角信号回路と前記操舵角
信号演算回路と前記操舵角速度信号演算回路
とから得られる信号を加算する加算器とから
なり、該加算信号をフィードフォワード制御
信号として発生させるフィードフォワード信
号演算手段と、

前記挙動センサより出力された挙動量信号
を係数倍する第3係数器を有する挙動量信号
演算回路からなり、該挙動量信号演算回路か
ら得られる信号をフィードバック制御信号と
して発生させるフィードバック信号演算手段
と、

前記フィードフォワード信号演算手段と前
記フィードバック信号演算手段から出力され
た信号を加減算して操舵制御信号とする加減
算器を有する制御信号演算手段と、

前記制御信号演算手段より出力された操舵
制御信号と前記車両状態検出センサより出力
された車両状態量信号とから車両の挙動量を
推定する車両挙動量推定手段と、該車両挙動

量推定手段より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサより出力された挙動量信号とから路面とタイヤ間の摩擦(μ)を推定する μ 推定手段と、前記 μ 推定手段より出力された μ 推定信号に基づいて第1係数器、第2係数器、第3係数器の少なくとも1つの係数器の係数を変更する係数器係数変更手段とからなり、係数器に最適な係数を付与するゲイン変更手段と、

からなる制御手段と、

前記制御手段の出力である操舵制御信号をパワー増幅する駆動手段と、

前記駆動手段にて増幅された出力に基づき前輪または後輪の少なくとも何れか一方の転舵輪に最適な転舵角を与えるように制御するアクチュエータ手段とを具備してなることを特徴とする車両の操舵制御装置。

(2) 車両挙動量推定手段が、前記制御信号演算手段より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサより出力された車両状態量信号と

号に基づいて第1係数器、第2係数器、第3係数器の少なくとも1つの係数器の係数を変更する係数器係数変更手段とからなることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の車両の操舵制御装置。

(4) ゲイン変更手段が、前記制御信号演算手段より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定する車両挙動量推定手段と、該車両挙動量推定手段より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサより出力された挙動量信号とから μ を推定する μ 推定手段と、前記車両状態検出センサより出力された車両状態量信号から路面の形状を推定する路面形状推定手段と、前記 μ 推定手段より出力された μ 推定信号および前記路面形状推定手段より出力された推定路面形状信号に基づいて第1係数器、第2係数器、第3係数器の少なくとも1つの係数器の係数を変更する係数器係数変更手段とからなることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記

から車両の挙動量を推定してなり、

μ 推定手段が、該車両挙動量推定手段より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサより出力された挙動量信号のピーク値を比較する比較手段と、該比較手段より出力された結果より μ を推定する μ 判定手段とを具備してなることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の車両の操舵制御装置。

(3) ゲイン変更手段が、前記制御信号演算手段より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定する車両挙動量推定手段と、該車両挙動量推定手段より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサより出力された挙動量信号とから μ を推定する μ 推定手段と、前記車両状態検出センサより出力された車両状態量信号と車輪の回転数に基づき車輪のスリップ率を算出するスリップ率算出手段と、前記 μ 推定手段より出力された μ 推定信号および前記スリップ率算出手段より出力されたスリップ率信

載の車両の操舵制御装置。

(5) ゲイン変更手段が、前記制御信号演算手段より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定する車両挙動量推定手段と、該車両挙動量推定手段より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサより出力された挙動量信号とから μ を推定する μ 推定手段と、前記操舵センサと挙動センサおよび車両状態検出センサの異常を検出するセンサ異常検出手段と、前記 μ 推定手段より出力された μ 推定信号および前記センサ異常検出手段より出力されたセンサ異常検出信号に基づいて第1係数器、第2係数器、第3係数器の少なくとも1つの係数器の係数を変更する係数器係数変更手段とからなることを特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の車両の操舵制御装置。

3. 発明の詳細な説明
(産業上の利用分野)

本発明は、車両の操舵装置に関するもので、更に詳しくは、タイヤや路面などの環境や状態の変化に応じた最適制御を行うことにより車両の操縦性や安定性を向上させた車両の操舵装置に関するものである。

(従来の技術およびその問題点)

一般に車両の運動性能及び操舵安定性は運転者のハンドル操作すなわち操舵入力に対する車両のヨーレート(車両の上方からみてその重心回りに生ずる回転角速度)または横加速度(車両の重心に車両進行方向とは直角方向、すなわち車両並進方向の加速度)の関係が重要な要素となっている。

そして車両は、横風などの外乱に影響されることなく、操舵入力に対応した素早い運動や直進走行時にその進路が運転者の意志のままに直進するような安定性を確保されるのが理想である。

ところで、車両に上記のような運動性や安定性を持たせるために特開昭60-161266号のように、フィードフォワード型制御とフィードバック型制御を組み合わせた装置が考案されており、

この装置では第2図に示すようにハンドル角からヨーレートまたは横加速度の係数倍を減じた値に、前記減じた値の微分値を加えた値で制御する方法や、第3図に示すようなハンドル角と該ハンドル角の微分値に係数をかけた値の和をフィードフォワード信号として後輪の補助操舵に用い、車両の挙動をネガティブフィードバック信号として前輪の補助操舵に用いるように制御する方法を用いることにより、フィードバック制御とフィードフォワード制御を兼ね備えた制御を行い、それによってフィードフォワード型制御の欠点とフィードバック型制御の欠点をそれぞれ打ち消すように制御するとしている。

しかしながら、上記補助操舵装置においては、例えば運転者が障害物回避のような急操舵を実施した場合は、上記微分値の影響による制御量で補助操舵量が急激に増加するので車両が急激に方向を転換し始め、これによって運転者に精神的負担を増加して極度に達し、ひいてはハンドルの切り過ぎによる安定性の欠如からの突発事故を誘発し

かねない。また、高速道路などの比較的大きな半径で旋回するときには、上記微分値はほとんど車両の運動に影響を与えず、その結果として、フィードフォワード信号が小さくなり、車両全体として考えるとアンダーステアを増加することとなり、その結果車両の運動性は悪化する。更に、横風や轍、段差などの影響により車両に外力が加わる場合、運転者はこれらの不意の外乱に対して慌てて当て舵等をするため、この急激な当て舵の影響による前記微分値の増加で実舵角は切り増し過ぎて予想以上の運動を引き起こす可能性がある。

前記不具合は、従来装置の補助操舵装置ではハンドル角の値とハンドル角の微分値に係数を掛けた値の2つを用いてフィードフォワード制御を行ったため、通常の操舵装置と比較して微分値の影響が大きく出過ぎてしまい、思うような制御を行うことが出来ないことに起因する。また微分値にかかる係数を小さくすると車両全体のゲインが低下し、制御系全体としてみるとフィードバック制御とあまり変わらないものになってしまう。すな

わち、最適な制御は上記補助操舵装置では達成されないことになる。

また、第3図のような補助操舵装置では前後輪それぞれ独立に異なった制御を行うため、前輪の動きと後輪の動きをそれぞれ制御しなおかつ装置も複雑化してくるため、それらに伴う重量増加などの影響で本来目標とした制御効果が得られない場合が多い。

本出願人は、かかる従来技術の問題点に鑑み、先に、これら問題を解決した車両の操舵制御装置を開発した(特願昭62-23261号)。この車両の操舵制御装置は、第4図に示す如く、車両の操舵量を制御する操舵制御装置において、ハンドルの操舵角を検出する操舵センサⅠと、車両の挙動量を検出する挙動センサⅡと、前記操舵センサⅠより出力された操舵角信号をそのまま出力する操舵角信号回路Ⅲ₁₁と、前記操舵角信号を係数倍する第1係数器Ⅲ₁₂を有する操舵角信号演算回路Ⅲ₁₃と、前記操舵角信号から操舵角速度信号を演算する微分回路Ⅲ₁₄と該微分回路Ⅲ₁₄から出力された操舵

角速度信号を係数倍する第2係数器Ⅲ₁₃とからなる操舵角速度信号演算回路Ⅲ₁₄と、前記操舵角信号回路Ⅲ₁₁と前記操舵角信号演算回路Ⅲ₁₃と前記操舵角速度信号演算回路Ⅲ₁₄とから得られる信号を加算する加算器Ⅲ₁₅とからなり、該加算信号をフィードフォワード制御信号として発生させるフィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁₆と、前記挙動センサⅡより出力された挙動量信号を係数倍する第3係数器Ⅲ₂₁を有する挙動量信号演算回路Ⅲ₂₂とからなり、該挙動量信号演算回路Ⅲ₂₂から得られる信号をフィードバック制御信号として発生させるフィードバック信号演算手段Ⅲ₂₃と、前記フィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁₆と前記フィードバック信号演算手段Ⅲ₂₃から出力された信号を加減算して操舵制御信号とする加減算器Ⅲ₂₄を有する制御信号演算手段Ⅲ₂₅と、車両状態検出センサⅣおよび／または外部環境状態検出センサⅦから得られた車両状態量信号および／または外部環境状態量信号に基づいて第1係数器Ⅲ₁₁、第2係数器Ⅲ₁₃、第3係数器Ⅲ₂₁の係数を変更するゲイン

変更手段Ⅲ₂₆と、からなる制御手段Ⅲと、前記制御手段Ⅲの出力である操舵制御信号をパワー増幅する駆動手段Ⅳと、前記駆動手段Ⅳにて増幅された出力に基づき前輪または後輪の少なくとも何れか一方の転舵輪に最適な転舵角を与えるように制御するアクチュエータ手段Ⅴとを具備してなる。

これにより、前記δの影響をδの係数倍の値で上記悪影響を相殺して前記従来技術の問題点を解決し、より安全な走行を確保し優れた車両の操縦安定性を確保するとともに、更にゲイン変更手段Ⅲ₂₆により、車両の操縦性や安定性を一層向上させることができた。

しかしながら、この車両の操舵制御装置では、例えば、運転者が低μ路において高μ路と同様な急操舵を行った場合、操舵制御系は車両の応答性を向上させるような操舵命令を出しているにもかかわらず、ヨーレートの立ち上がりが遅いなど車両の応答性が高μ路に比較して悪化する。そのため、ドライバーはさらにハンドルを切り、そのハンドル操作に対応して、操舵制御系は車両の応答

性を向上させる方向に操舵命令を出すことになる。つまり、操舵制御系はドライバーのハンドルの切りすぎを助長することになり、従って、車両の安定性を損ねて車両のふらつきやスピン等を生じ、事故を誘発する虞れが生じる。これは、低μ路においては、操舵制御系はドライバーの急なハンドル操作をおさえるように働くべきであり、高μ路とは背反する要素を持つためである。

また、路面の凹凸により、前記フィードバックおよびフィードフォワード制御を行うために用いる操舵角信号や挙動量信号に急激な変化や大きなノイズが生じる可能性があり、この信号が制御量として用いられた場合、ドライバーの意図しない危険な操舵を行う虞れがある。さらに、操舵センサや挙動センサが故障した場合にも、上記路面形状による悪影響を生じた場合と同様な結果を生ずる虞れがある。これらは、車両のおかれている状況、状態にかかわらずセンサ出力値をそのまま係数倍したものをを用いてフィードバック制御およびフィードフォワード制御を行うためである。

〔発明の目的〕

本発明の目的は、横風や外乱などに対する車両の挙動修正能力が高く、かつ操舵入力に対する車両の挙動変化の応答性を高めるような操舵制御系にたいして、車両の置かれている内外部の環境状態の変化に対応した最適な操舵を可能とすることである。

上記従来技術の不具合は、路面とタイヤ間の摩擦(μ)の変化に対する適応性が十分でないことにある。そこで、本発明者らは、路面とタイヤ間のμの変化に応じてフィードバック制御系および／またはフィードフォワード制御系の係数器の係数(ゲイン)を変更すること、及び車両の挙動量から推定したμに基づいて係数器の係数を決定することにより、上記問題点を解決することに着眼した。

すなわち、タイヤのスリップが生じない場合でも、例えばドライバーの操舵に対する車両の挙動量信号の大きさなどを良路の場合と比較すること等によりμを推定し、該推定μを用いて例えばヨ

ーレートフィードバックのゲインを調整することにより、少しのヨーレート等の挙動変化に対してもそれを抑える方向に操舵制御系を働かすことが可能となる。さらに、路面の凹凸等を検出することにより大きなノイズが混入する可能性が高い悪路、あるいはセンサが故障した場合等においても、フィードバック制御系および／またはフィードフォワード制御系の係数器のゲインを小さくすることにより、前記問題の影響を除去することが可能となる。

(発明の説明)

発明の構成

本発明の車両の操舵制御装置は、第1図に示すように車両の操舵量を制御する操舵制御装置において、ハンドルの操舵角を検出する操舵センサⅠと、車両の挙動量を検出する挙動センサⅡと、車速や積載荷重、車輪にかかる荷重、車輪の回転数等の車両状態量を検出する車両状態検出センサⅥと、前記操舵センサⅠより出力された操舵角信号をそのまま出力する操舵角信号回路Ⅲ₁₁と、前記

操舵角信号を係数倍する第1係数器Ⅲ₁₂を有する操舵角信号演算回路Ⅲ₁₃と、前記操舵角信号から操舵角速度信号を演算する微分回路Ⅲ₁₄と該微分回路Ⅲ₁₄から出力された操舵角速度信号を係数倍する第2係数器Ⅲ₁₅とからなる操舵角速度信号演算回路Ⅲ₁₆と、前記操舵角信号回路Ⅲ₁₁と前記操舵角信号演算回路Ⅲ₁₃と前記操舵角速度信号演算回路Ⅲ₁₆とから得られる信号を加算する加算器Ⅲ₁₇とからなり、該加算信号をフィードフォワード制御信号として発生させるフィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁₈と、前記挙動センサⅡより出力された挙動量信号を係数倍する第3係数器Ⅲ₂₁を有する挙動量信号演算回路Ⅲ₂₂からなり、該挙動量信号演算回路Ⅲ₂₂から得られる信号をフィードバック制御信号として発生させるフィードバック信号演算手段Ⅲ₂₃と、前記フィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁₈と前記フィードバック信号演算手段Ⅲ₂₃から出力された信号を加減算して操舵制御信号とする加減算器Ⅲ₂₄を有する制御信号演算手段Ⅲ₂₅と、前記制御信号演算手段Ⅲ₂₅より出力され

た操舵制御信号と前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定する車両挙動量推定手段Ⅲ₃₁と、該車両挙動量推定手段Ⅲ₃₁より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサⅡより出力された挙動量信号とから路面とタイヤ間の摩擦(μ)を推定する μ 推定手段Ⅲ₃₂と、前記 μ 推定手段より出力された μ 推定信号に基づいて第1係数器Ⅲ₄₂、第2係数器Ⅲ₄₃、第3係数器Ⅲ₄₄の少なくとも1つの係数器の係数を変更する係数器係数変更手段Ⅲ₄₅とからなり、係数器に最適な係数を付与するゲイン変更手段Ⅲ₄₆と、からなる制御手段Ⅲと、前記制御手段Ⅲの出力である操舵制御信号をパワー増幅する駆動手段Ⅳと、前記駆動手段Ⅳにて増幅された出力に基づき前輪または後輪の少なくとも何れか一方の転舵輪に最適な転舵角を与えるように制御するアクチュエータ手段Ⅴとを具備してなる。

発明の作用

上記構成よりなる本発明の車両の操舵制御装置の作用は、次の通りである。すなわち、操舵セン

サⅠに於いて、ハンドルにおける操舵角を検出して操舵角に相当する電気信号などに変換する。また、挙動センサⅡに於いて、車両の挙動変化量を検出して前記変化量に相当する電気信号などに変換する。また、車両状態検出センサⅥに於いて、車速や積載荷重、車輪にかかる荷重、車輪の回転数等の車両状態量を検出して前記車両状態量に相当する電気信号などに変換する。

次に、制御手段Ⅲに於いて、先ず、前記操舵センサⅠ及び挙動センサⅡから出力された電気信号などを操舵角に対する車両の挙動を最適にするため、操舵角をそのまま出力する操舵角信号回路Ⅲ₁₁と、操舵角の実舵角に対する大きさ(係数 G_1)を補正するための第1係数器Ⅲ₁₂を有する操舵角信号演算回路Ⅲ₁₃と、操舵角を微分的に与えるための微分回路Ⅲ₁₄と第2係数器Ⅲ₁₅とからなる操舵角速度信号演算回路Ⅲ₁₆とからなるフィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁₈により、ハンドル操舵量 δ は前記フィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁₈により、 $\delta + G_1 \cdot \delta + G_2 \cdot \delta$ という値のフィ

ードフォワード信号に変換され、ハンドル操舵量以上の舵角を与えることにより操舵に対する車両の応答性を高める。

また、車両の挙動量を検出する挙動センサⅡからの信号にフィードバック量を決定する係数 G_1 を乗算する第3係数設定器Ⅲ₁を有する挙動量信号演算回路Ⅲ₁では車両挙動量 α を $G_1 \cdot \alpha$ という値のフィードバック信号に変換し、車両挙動量が突変したときこれを抑えるように操舵することにより車両の安定性を向上させる。

そして、前記フィードフォワード信号とフィードバック信号演算手段から発生される信号を前記制御信号演算手段Ⅲ₃の加減算器Ⅲ₃において加減算して操舵制御信号を発生させる。

次いで、前記操舵制御信号を駆動手段Ⅳに於いてアクチュエータを駆動するためのアクチュエータ駆動信号に増幅し、このアクチュエータ駆動信号をアクチュエータ手段Ⅴに於いて前輪又は後輪の少なくとも一方の転舵輪に最適な転舵角を与えるようにアクチュエータを駆動する。

これにより車両が大きく旋回し始め、ドライバーにとっては思いがけない運動が発生することとなり、ドライバーは煩雑なハンドル操作を余儀なくされる。また、例えば、 μ が低い路面上で高 μ と同様な操舵をした場合や上記操舵制御信号の係数(G)を切り換えなかったなどの場合には、操舵のしすぎによる車両のふらつきやスピン等が起こり、大変危険である。

これに対して、本発明では前記 δ の影響を δ の係数倍の値で上記悪影響を相殺するとともに、前記 μ 推定値に基づいて係数(G_1 、 G_2 、 G_3)を現在のタイヤ及び/又は路面の状況に応じた最適なものと自動的に変更するので、上述のような従来技術の問題点を生じさせないと共に、ドライバーが μ 変化に気付かない場合に対してもより安全な走行を確保でき、優れた車両の操縦安定性を実現することが可能となる。

〔実施態様の説明〕

第一実施態様

ところで、ゲイン変更手段Ⅲ₄では、先ず、車両挙動量推定手段Ⅲ₁により、前記制御信号演算手段Ⅲ₃より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定する。次に、 μ 推定手段Ⅲ₄により、該車両挙動量推定手段Ⅲ₁より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサⅡより出力された挙動量信号とから路面とタイヤ間の摩擦(μ)を推定する。次いで、係数器係数変更手段Ⅲ₄により、前記 μ 推定手段より出力された μ 推定信号に基づいて第1係数器Ⅲ₁、第2係数器Ⅲ₁、第3係数器Ⅲ₁の少なくとも1つの係数器の係数を変更することにより、係数器に現在のタイヤ及び/又は路面の状況に応じた最適な係数を付与する。

発明の効果

従来の技術では、フィードフォワード信号はハンドル角の微分値に係数 G_1 をかけた値を加えただけなので、例えば急操舵を実施した場合にはハンドル角 δ とハンドル角の微分値 $\dot{\delta}$ が出力され、

本発明の第一実施態様は、第5図のブロック図に示されるものであり、車両挙動量推定手段Ⅲ₁が、前記制御信号演算手段Ⅲ₃より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定してなり、 μ 推定手段Ⅲ₄が、該車両挙動量推定手段Ⅲ₁より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサⅡより出力された挙動量信号のピーク値を比較する比較手段Ⅲ₄と、該比較手段Ⅲ₄より出力された結果より μ を推定する μ 判定手段Ⅲ₄とを具備してなる。

ここで、前記ピーク値の比較は、例えば、前記車両挙動量推定信号と挙動量信号の各々のピーク値の大きさ又は/及び両者のピークが生じるまでの位相差を比較することにより行う。

このような構成上の特徴を有する第一実施態様の作用および効果について説明する。

先ず、車両挙動量推定手段Ⅲ₁では、前記制御信号演算手段Ⅲ₃より出力された操舵制御信号と前記車両状態センサⅥより出力された車両状態量

信号と前記制御信号演算回路Ⅲ₃₁より出力された操舵制御信号とから良路走行時の車両挙動を数学モデル化した車両モデルに基づいて車両の挙動量を推定する。

また、 μ 推定手段Ⅲ₄₂では、先ず比較手段Ⅲ₄₁において、前記車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁より出力された車両挙動量推定信号、すなわち、現在の操舵角と車両状態量と操舵制御量を示す信号に対して良路走行時において生じる例えばヨーレート及び／又は横加速度を推定し、そのピーク値を求め、次に、前記挙動センサⅡより出力されたヨーレートや横加速度等の挙動量信号のピーク値を求めて両者を比較する。この比較は、例えば、両者のピーク値の大きさ又は／及び両者のピークが生じるまでの位相差を比較することにより行う。次いで、 μ 判定手段Ⅲ₄₂において、該比較手段Ⅲ₄₁より出力された結果より μ を推定する。

上記のようにすることにより、従来では停発進時におけるタイヤのスリップ率から μ の推定を行っていたのに対して、本発明では車両の挙動量か

ら μ を推定することにより、定常走行時にタイヤのコーナリングフォースを決定する μ を推定することが可能になった。

従って、車両の走行中の環境の変化に基づく路面変化状況を車両の挙動量より推定し該推定値を用いて係数器の係数を設定することにより、状況適応性に勝れた操舵制御系を構成でき、安全で優れた操縦安定性を付与し得るという効果を奏することができる。

第二実施態様

本発明の第二実施態様は、第6図のブロック図に示されるものであり、ゲイン変更手段Ⅲ₄が、前記制御信号演算手段Ⅲ₃より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定する車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁と、該車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサⅡより出力された挙動量信号とからタイヤと路面間の μ を推定する μ 推定手段Ⅲ₄₂と、前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状

態量信号とから車輪のスリップ率を算出するスリップ率算出手段Ⅲ₄₃と、前記 μ 推定手段Ⅲ₄₂より出力された μ 推定信号および前記スリップ率算出手段Ⅲ₄₃より出力されたスリップ率信号に基づいて第1係数器Ⅲ₁₂、第2係数器Ⅲ₁₃、第3係数器Ⅲ₁₄の少なくとも1つの係数器の係数を変更する係数器係数変更手段とからなる。

このような構成上の特徴を有する第二実施態様の作用および効果について説明する。

ゲイン変更手段Ⅲ₄では、先ず、車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁において、前記制御信号演算手段Ⅲ₃より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定する。次に、 μ 推定手段Ⅲ₄₂により、該車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサⅡより出力された挙動量信号とからタイヤと路面間の μ を推定する。次いで、スリップ率算出手段Ⅲ₄₃により、前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状態量信号である車速と車輪の回転数に基づき車輪

のスリップ率を算出する。更に、係数器係数変更手段Ⅲ₄₄により、前記 μ 推定手段Ⅲ₄₂より出力された μ 推定信号および前記スリップ率算出手段Ⅲ₄₃より出力されたスリップ率信号に基づいて第1係数器Ⅲ₁₂、第2係数器Ⅲ₁₃、第3係数器Ⅲ₁₄の少なくとも1つの係数器の係数を変更する。

上記のようにすることにより、スリップ率をゲイン変更の判断量としたので、例えば、低 μ 路における発進停止、或いは急な加減速時における車両のふらつきやスピンを防止するなど安定性を向上させるゲインに変更する必要がある場合に、該変更を車両挙動量に変化が生ずるよりも前に行うことが可能となる。

従って、車両走行時の外部環境の変化に伴う路面状態の変化に対応した操舵制御に加え、ドライバーのアクセル操作に伴う加減速時をはじめとする駆動力変化時の車輪の変化状況に応じた操舵制御を付与することが可能となり、車両の安全性を高め、操縦安定性を格段に向上させることができる。

第三実施態様

本発明の第三実施態様は、第7図のブロック図に示されるものであり、ゲイン変更手段Ⅲ₄が、前記制御信号演算手段Ⅲ₃より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定する車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁と、該車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサⅡより出力された挙動量信号とから μ を推定する μ 推定手段Ⅲ₄₂と、前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状態量信号から路面の形状を推定する路面形状推定手段Ⅲ₄₃と、前記 μ 推定手段Ⅲ₄₂より出力された μ 推定信号および前記路面形状推定手段Ⅲ₄₃より出力された推定路面形状信号に基づいて第1係数器Ⅲ₄₄、第2係数器Ⅲ₄₅、第3係数器Ⅲ₄₆の少なくとも1つの係数器の係数を変更する係数器係数変更手段Ⅲ₄₇とからなる。

このような構成上の特徴を有する第三実施態様の作用および効果について説明する。

を与え、この振動の影響を受けた挙動信号が操舵制御信号に用いられるために誤動作を生じる原因となっていた。

本第三実施態様では、上記のようにすることにより、推定路面形状信号をゲイン変更手段の判断量としたので、路面形状に対する操舵制御系の安全性および信頼性をさらに一層向上させることができる。

従って、車両走行時の外部環境変化、ドライバーアクセル操作による車輪スリップ状態量に加え、走行路面状態の変化に応じた最適な操舵制御を付与することが可能となり、車両の安全性を向上させるとともに、車両の操縦安定性を著しく向上させるという特有の効果を奏することができる。

第四実施態様

本発明の第四実施態様は、第8図のブロック図に示されるものであり、ゲイン変更手段Ⅲ₄が、前記制御信号演算手段Ⅲ₃より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定する

ゲイン変更手段Ⅲ₄では、先ず、車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁において、前記制御信号演算手段Ⅲ₃より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定する。次に、 μ 推定手段Ⅲ₄₂により、該車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサⅡより出力された挙動量信号とから μ を推定する。次いで、路面形状推定手段Ⅲ₄₃により、前記車両状態検出センサⅥより出力された車速や各輪のサスペンション変位や速度等の車両状態量信号を基に各輪の接地している路面の形状を推定する。更に、係数器係数変更手段Ⅲ₄₇により、前記 μ 推定手段Ⅲ₄₂より出力された μ 推定信号および前記路面形状推定手段Ⅲ₄₃より出力された推定路面形状信号に基づいて第1係数器Ⅲ₄₄、第2係数器Ⅲ₄₅、第3係数器Ⅲ₄₆の少なくとも1つの係数器の係数を変更する。

従来では、サスペンションを通じて車両に伝わる路面の凹凸による振動が、挙動センサにも影響

車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁と、該車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁より出力された車両挙動量推定信号と前記挙動センサⅡより出力された挙動量信号とからタイヤと路面間の μ を推定する μ 推定手段Ⅲ₄₂と、前記操舵センサⅠと挙動センサⅡおよび車両状態検出センサⅥの異常を検出するセンサ異常検出手段Ⅲ₄₈と、前記 μ 推定手段Ⅲ₄₂より出力された μ 推定信号および前記センサ異常検出手段Ⅲ₄₈より出力されたセンサ異常検出信号に基づいて第1係数器Ⅲ₄₄、第2係数器Ⅲ₄₅、第3係数器Ⅲ₄₆の少なくとも1つの係数器の係数を変更する係数器係数変更手段Ⅲ₄₇とからなる。

このような構成上の特徴を有する第四実施態様の作用および効果について説明する。

ゲイン変更手段Ⅲ₄では、先ず、車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁において、前記制御信号演算手段Ⅲ₃より出力された操舵制御信号と前記車両状態検出センサⅥより出力された車両状態量信号とから車両の挙動量を推定する。次に、 μ 推定手段Ⅲ₄₂により、該車両挙動量推定手段Ⅲ₄₁より出力された

車両挙動量推定信号と前記挙動センサⅡより出力された挙動量信号とからタイヤと路面間の μ を推定する。次いで、センサ異常検出手段Ⅲ₄により、前記操舵センサⅠと挙動センサⅡおよび車両状態検出センサⅥの出力値が、予め設定された設定値、すなわち車両運動からみて予め設定された出力値の上下限値を越えた場合や、各センサの出力値を互いに比較し車両運動上生じないと考えられる場合において、前記センサの異常を検出する。更に、係数器係数変更手段Ⅲ₅により、前記 μ 推定手段Ⅲ₄より出力された μ 推定信号および前記センサ異常検出手段Ⅲ₄より出力されたセンサ異常検出信号に基づいて第1係数器Ⅲ₁、第2係数器Ⅲ₂、第3係数器Ⅲ₃の少なくとも1つの係数器の係数を変更する。

上記のようにすることにより、センサ異常により生ずる操舵制御系の誤動作を防止することができ、より一層の安全性及び信頼性の向上を図ることができる。

従って、車両の走行時の外部環境変化やドライ

バーの操作による状態変化等に適應した最適な操舵制御を付与する場合において、ドライバーの予期しないセンサ等の異常・故障に対しても常に車両を安全に保つとともに、車両の操縦安定性を向上させることができるという著しい効果を奏することができる。

(μ 推定法の原理説明)

次に、本発明の車両の操舵制御装置によるタイヤと路面間の μ 推定法について、その原理を一例を挙げて簡単に説明する。

まず、車両の運動を、左右方向の並進運動 y 、ヨー運動 ϕ の二つの運動についての運動方程式により表現すると以下のようなものである。

$$m \cdot \ddot{y} = 2(F_f + F_r) \quad \dots (1)$$

$$I_z \cdot \ddot{\phi} = 2(a_f \cdot F_f - a_r \cdot F_r) \quad \dots (2)$$

$$F_f = -\mu \cdot m_r \left(\frac{\dot{y} - u_o \cdot \phi + a_f \cdot \phi}{u_o} - \delta_f - u_r \right) \quad \dots (3)$$

$$F_r = -\mu \cdot m_r \left(\frac{\dot{y} - u_o \cdot \phi - a_r \cdot \phi}{u_o} - u_r \right) \quad \dots (4)$$

但し、上述の記号は以下の通りである。

- m : 車両の重量、
- m_r : 前輪にかかる車両重量、
- m_r : 後輪にかかる車両重量、
- μ : 摩擦、
- u_r : 前輪補助操舵量、
- u_r : 後輪補助操舵量、
- I_z : 車両のヨー慣性モーメント、
- a_f : 車両の前軸と重心間の距離、
- a_r : 車両の後軸と重心間の距離、
- c_f : 車両の前輪のコーナリングパワー、
- c_r : 車両の後輪のコーナリングパワー、
- F_f : 車両の前輪のコーナリングフォース、
- F_r : 車両の後輪のコーナリングフォース、
- u_o : 車速、
- ϕ : 車両のヨー角、 $\dot{\phi}$: 車両のヨーレート、
- $\ddot{\phi}$: 車両のヨー角加速度、 y : 車両の横変位、

\dot{y} : 車両の横速度、 \ddot{y} : 車両の横加速度、 δ_f : 車両の前輪舵角。

(1)~(4)式をまとめると、次式のようなになる。

$$\dot{x}(t) = A x(t) + b_r(\delta_r(t) + u_r(t)) + b_r u_r(t) \quad \dots (5)$$

ここで、 $x(t)$ 、 A 、 b_r 、 b_r は、以下のようである。

$$x(t) = \begin{bmatrix} y(t) \\ \dot{y}(t) \\ \phi(t) \\ \dot{\phi}(t) \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & a_{42} & a_{43} & a_{44} \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

$$b_r = \begin{bmatrix} 0 \\ b_{r1} \\ 0 \\ b_{r2} \end{bmatrix}, \quad b_r = \begin{bmatrix} 0 \\ b_{r1} \\ 0 \\ b_{r2} \end{bmatrix}$$

また、上記(6)式の要素は、それぞれ以下のよう

である。

$$\left. \begin{aligned} a_{22} &= -2\mu(m_f + m_r) / (u_0 \cdot m) \\ a_{23} &= 2\mu(m_f + m_r) / m \\ a_{24} &= 2\mu(a_{r1} \cdot m_r - a_{r2} \cdot m_f) / (u_0 \cdot m) \\ a_{42} &= 2\mu(a_{r1} \cdot m_r - a_{r2} \cdot m_f) / (u_0 \cdot m) \\ a_{43} &= 2\mu(a_{r1} \cdot m_r - a_{r2} \cdot m_f) / I_z \\ a_{44} &= -2\mu(a_{r1}^2 \cdot m_f + a_{r2}^2 \cdot m_r) / (u_0 \cdot I_z) \\ b_{r1} &= 2\mu \cdot m_f / m \\ b_{r2} &= 2\mu \cdot a_{r1} \cdot m_f / m \\ b_{r3} &= 2\mu \cdot m_r / I_z \\ b_{r4} &= -2\mu \cdot a_{r1} \cdot m_r / I_z \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

(5)、(6)式より、 ϕ 、 \dot{y} は次式のように表現できる。但し、 S はラプラス演算子である。

以下余白

$$\left. \begin{aligned} g_1(S) \cdot \phi(S) &= (d_1 \cdot S + d_0) (\delta_r(S) + u_r(S)) + (c_1 \cdot S + c_0) u_r(S) \\ g_1(S) &= S^2 - (a_{22} + a_{44})S + (a_{22} \cdot a_{44} - a_{24} \cdot a_{42} - a_{43}) \\ d_1 &= b_{r2} \\ d_0 &= b_{r1} \cdot a_{42} - b_{r2} \cdot a_{22} \\ c_1 &= b_{r2} \\ c_0 &= b_{r1} \cdot a_{42} - b_{r2} \cdot a_{22} \end{aligned} \right\} \dots (8)$$

$$\left. \begin{aligned} g_2(S) \cdot \dot{y}(S) &= (h_2 \cdot S^2 + h_1 \cdot S + h_0) (\delta_r(S) + u_r(S)) + (k_2 S^2 + k_1 \cdot S + k_0) u_r(S) \\ g_2(S) &= S \cdot g_1(S) \\ h_2 &= b_{r1} \\ h_1 &= b_{r2} \cdot a_{24} - b_{r1} \cdot a_{44} \\ h_0 &= b_{r2} \cdot a_{23} - b_{r1} \cdot a_{43} \\ k_2 &= b_{r1} \\ k_1 &= b_{r2} \cdot a_{24} - b_{r1} \cdot a_{44} \\ k_0 &= b_{r2} \cdot a_{23} - b_{r1} \cdot a_{43} \end{aligned} \right\} \dots (9)$$

(9)式より、横加速度 \dot{y} は次式のようになる。

$$\left. \begin{aligned} g_1(S) \cdot \dot{y}(S) &= (h_2 \cdot S^2 + h_1 \cdot S + h_0) (\delta_r(S) + u_r(S)) + (k_2 \cdot S^2 + k_1 \cdot S + k_0) u_r(S) \end{aligned} \right\} \dots (10)$$

(8)、(10)式の係数を、車両の諸元と車速 u_0 、および車両状態検出サンサからの前後輪荷重 m_f 、 m_r の値を用いることにより算し、その係数とドライバー舵角 δ_r 及び前後輪操舵角 u_r と u_r に対して(8)、(10)式を解くことにより、ヨーレート推定値 ϕ と横加速度推定値 \dot{y} を推定する。ただし、ここでは、 μ は良路相当の値(例えば0.8~1.0)とする。

上述した手順により、ヨーレートの推定値 ϕ と横加速度の推定値 \dot{y} を用いて、タイヤと路面間の摩擦 μ を推定する。その手法を、第9図を用いて説明する。

すなわち、同じ操舵をした場合でも、 μ の高低により、ヨーレート及び横加速度の応答特性が変化する。例えば、 μ が低い場合は、 μ が高い場合に比較してヨーレート及び横加速度の大きさが小

さくなると共に、その立ち上がりも遅くなる。この性質を用いて μ の推定を行う。まず、良路(相当)において生ずるヨーレートと横加速度の各々の推定値 ϕ と \dot{y} と実際のヨーレート ϕ と横加速度 \dot{y} の各々のピーク値を求める。次に、そのピーク値の大きさ及び/又はそのピーク値間の位相差を比較することにより μ の推定を行う。

上記の推定法において、前輪操舵系における($u_r = 0$)実際の μ の推定の一例を示すと以下のようである。すなわち、

(i) μ 及び車速及び車両状態量及び操舵制御量の周波数等に対するピーク値の大きさの比、及び/又は、ピーク値の位相差をマップとして記憶し、それらのピーク値に関する情報を比較した結果から、そのマップを引くことにより μ を推定する。
(ii) ϕ 及び \dot{y} の定常値は、次式のように表される。

以下余白

$$\phi = \frac{d_o (\delta_r + u_r) + C_o \cdot u_r}{a_{22} \cdot a_{44} - a_{24} \cdot a_{42} - a_{43}} \quad \dots 00$$

$$= \frac{s_1}{s_2 - \frac{1}{\mu} s_3} \quad \dots 00$$

$$\dot{y} = \frac{h_o (\delta_r + u_r) + k_o \cdot u_r}{a_{22} \cdot a_{44} - a_{24} \cdot a_{42} - a_{43}} \quad \dots 02$$

$$= \frac{s_4}{s_2 - \frac{1}{\mu} s_3} \quad \dots 02$$

$$\begin{aligned} s_1 &= \overline{d}_o (\delta_r + u_r) + \overline{C}_o \cdot u_r \\ s_2 &= \overline{a}_{22} \cdot \overline{a}_{44} - \overline{a}_{24} \cdot \overline{a}_{42} \\ s_3 &= \overline{a}_{43} \\ s_4 &= \overline{h}_o (\delta_r + u_r) + \overline{k}_o \cdot u_r \\ \overline{d}_o &= \mu^2 (\overline{b}_{r1} \cdot \overline{a}_{42} - \overline{b}_{r2} \cdot \overline{a}_{22}) \\ \overline{C}_o &= \mu^2 (\overline{b}_{r1} \cdot \overline{a}_{42} - \overline{b}_{r2} \cdot \overline{a}_{22}) \\ \overline{h}_o &= \mu^2 (\overline{b}_{r2} \cdot \overline{a}_{43} - \overline{b}_{r1} \cdot \overline{a}_{43}) \\ \overline{k}_o &= \mu^2 (\overline{b}_{r2} \cdot \overline{a}_{43} - \overline{b}_{r1} \cdot \overline{a}_{43}) \\ a_{ij} &= \mu \overline{a}_{ij} \quad (i, j = 1, 2, \dots, 4) \\ b_{ij} &= \mu \overline{b}_{ij} \quad (i=f, r, j=1, 2, \dots, 4) \end{aligned} \quad \dots (13)$$

を用いて説明する。

本実施例の車両の操舵制御装置は、車両の前輪操舵装置に適用したもので、基本的には第5図に示される第一実施態様に属し、操舵センサIと、挙動センサIIと、制御手段IIIと、駆動手段IVと、アクチュエータ手段Vと、車両状態検出センサVIとからなる。

操舵センサIは、第10図に示すようにハンドルの操舵角を測定するためにハンドルと同軸上に取り付けられている。

挙動センサIIは、車両のヨーレート ϕ を検出して前記ヨーレート ϕ を表す信号を出力するヨーレートセンサII₁と、車両の横加速度 \dot{y} を検出して前記横加速度 \dot{y} を表す信号を出力する横加速度センサII₂とからなり、車両重心位置に取り付けられている。

制御手段IIIは、フィードフォワード信号演算手段III₁と、フィードバック信号演算手段III₂と、制御信号演算手段III₃と、ゲイン変更手段III₄とからなる。

推定値の定常値も00、02式と同様に次式のようになる。

$$\phi_m = \frac{s_1}{s_2 - \frac{1}{\mu_m} s_3} \quad \dots 04$$

$$\dot{y}_m = \frac{s_4}{s_2 - \frac{1}{\mu_m} s_3} \quad \dots 05$$

ここで、 μ_m は良路相当(例えば、0.8~1.0)のタイヤ路面間の μ である。

このとき、 ϕ と ϕ_m 、 \dot{y} と \dot{y}_m の比を00、02式、04、05式より求めることにより、 μ は06式のまたは07式に推定できる。

$$\mu = (\phi / \phi_m) \cdot S_2 / \{ (\phi / \phi_m) \cdot S_2 - S_2 + (1 / \mu_m) \cdot S_3 \} \quad \dots 06$$

$$\mu = (\dot{y} / \dot{y}_m) \cdot S_4 / \{ (\phi / \phi_m) \cdot S_2 - S_2 + (1 / \mu_m) \cdot S_3 \} \quad \dots 07$$

実施例

第1実施例

本発明の第一実施態様に属する第1の実施例の車両の操舵制御装置を、第10図ないし第12図

フィードフォワード信号演算手段III₁は、前記操舵センサIから出力された操舵角 δ に相当する電気信号をそのまま通す操舵角信号回路III₁₁と、前記操舵センサIから出力される操舵角 δ に相当する信号をG₁倍する第1係数器III₁₂とからなる操舵角信号演算回路III₁₃と、前記操舵センサIから出力される操舵角 δ に相当する信号より操舵角速度 $\dot{\delta}$ に相当する信号を演算する微分回路III₁₄と、前記微分回路III₁₄から出力される操舵角速度 $\dot{\delta}$ に相当する信号をG₂倍する第2係数器III₁₅とからなる操舵角速度信号演算回路III₁₆と、前記第1係数器III₁₂および第2係数器III₁₅から出力される信号と操舵角信号回路III₁₁から出力される信号を加算する加算器III₁₇とからなる。

フィードバック信号演算手段III₂は、4個の係数器III₂₁、III₂₂、III₂₃、III₂₄と、一次遅れフィルタIII₂₅、III₂₆、III₂₇と、前記係数器III₂₁、III₂₂から出力される信号を加算する加算器III₂₈と、前記係数器III₂₃、III₂₄から出力される信号を加算する加算器III₂₉と、前記加算器III₂₈、III₂₉から出力さ

れる信号を加算する加算器Ⅲ₁₁とを有する挙動量信号回路Ⅲ₁₂からなる。

一次遅れフィルタⅢ₁₃は、前記ヨーレートセンサからのヨーレート信号 $\dot{\phi}$ から、ヨー角信号 ϕ に相当する擬似ヨー角 ϕ_s を出力するものであり、一次遅れフィルタⅢ₁₄は、前記横加速度センサからの横加速度信号から、横速度 \dot{y} に相当する擬似横速度 \dot{y}_s を出力するものであり、一次遅れフィルタⅢ₁₅は、前記擬似横速度信号 \dot{y}_s から横変位 y に相当する擬似横変位 y_s を出力するものである。

さて、第11図(a)に示すように、一般にヨーレート $\dot{\phi}$ からヨー角 ϕ を、また、横加速度 \dot{y} から横速度 \dot{y} 及び横速度 \dot{y} から横変位 y を求めるためには積分回路101を通過させる必要がある。しかしながら、前記ヨーレートセンサⅡ₁において生ずる若干のノイズの影響でヨー角 ϕ に定常偏差が生じる可能性がある。そこで、前記積分回路101の後段に第11図(b)に示すような効果を持つハイパスフィルタ102を具備することにより、前記定常偏差をなくすることが可能となる。ところで、

第11図(a)に示したブロック図は等価的に第11図(c)の様に一次遅れフィルタ103と係数器104によって置換することが可能である。そこで、前記積分回路101とハイパスフィルタ102を一次遅れフィルタ103と係数器104に置き換え、前述の効果を持たせるようにした。このように、本実施例では、上記と同様な効果により、一次遅れフィルタⅢ₁₃で横加速度 \dot{y} から擬似横速度 \dot{y}_s を、一次遅れフィルタⅢ₁₄で擬似横速度 \dot{y}_s から擬似横変位 y_s を算出するようになった。

制御信号演算手段Ⅲ₁は、前記フィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁₁より出力されるフィードフォワード制御信号と、前記フィードバック信号演算手段Ⅲ₁₂より出力されるフィードバック信号とを加減算する加減算器Ⅲ₁₃とからなる。

ゲイン変更手段Ⅲ₁₄は、前記ヨーレート $\dot{\phi}$ に相当する信号と車速 u に相当する信号と、および加減算器Ⅲ₁₃の出力である操舵制御量に相当する信号を取り込む入力部201と、その入力に基づいて車両挙動量の推定及びタイヤと路面間の μ 推

定を行い、その結果から最適なゲインを算出する演算処理部202と、車両諸元及び前記演算処理部202の演算処理法とその演算結果を記憶している記憶部203と、前記演算処理部202で選択された最適ゲインを出力する出力部204とから構成されるマイクロコンピュータ200からなる。

マイクロコンピュータ200で行う機能を、第12図のフローチャートに沿って詳細に説明する。

まず、イグニッションキーON時に、マイクロコンピュータ200のプログラムが起動し、初期化を行う(P1)。この初期化のルーチンP1では、A/Dコンバータ、D/Aコンバータ等ハードウェアのイニシャライズおよび各制御パラメータの初期設定を行う。

次に、初期化ルーチンP1が終了すると、挙動センサⅡ₁からヨーレート $\dot{\phi}$ 、一次遅れフィルタⅢ₁₃から擬似ヨー角 ϕ_s 、一次遅れフィルタⅢ₁₄から擬似横速度 \dot{y}_s 、一次遅れフィルタⅢ₁₅から擬似横変位 y_s 、加減算器Ⅲ₁₃の出力である操舵制御

量、車両状態検出センサⅥから車速 u を、A/Dコンバータを介してマイクロコンピュータ200に取り込む(P2)。

次いで、車速 u と車両諸元に基づいて、車両のヨーレート推定モデル(8)式の係数(7)、(8)式を求め、その係数と加減算器Ⅲ₁₃の出力である操舵制御量に対して(8)式を解くことにより、車両のヨーレートの推定値 $\dot{\phi}_e$ を求める(P3)。

次に、A/Dコンバータから入力したヨーレート $\dot{\phi}$ とP3で求めたヨーレート推定値 $\dot{\phi}_e$ のそれぞれについて、対応関係にある(同じ操舵制御量によって生じた) ϕ と ϕ_e の信号の変曲点、すなわち、信号の凹凸部のピーク値およびピーク位相値を求める(P4)。

次いで、P4で求められたピーク値位相差から μ を推定する(P5)。すなわち、P4で求められたピーク値位相差が或るしきい値(例えば、90°)より大であるならば低 μ と判定し、次のステップに進む。また、このピーク値位相差が前記しきい値以内であるならば、ピーク比 ϕ/ϕ_e を

計算するとともに、車両荷元及び車速 u から(7)、(8)式より(9)式の μ 推定式の係数を算出し、その係数とピーク比から(9)式を解いて μ を推定する。

次に、P5で推定された路面の μ 推定値と、車速 u に対して、マップから最適な係数設定器の係数を決定し、前記係数設定器Ⅲ₁₂、Ⅲ₁₃、Ⅲ₂₁、Ⅲ₂₂、Ⅲ₂₄、Ⅲ₂₇へ出力し(P6)、その後P2へ戻る。

駆動手段Ⅳは、前記制御手段Ⅲより出力された操舵制御信号、すなわち前輪転舵角に相当する信号と、アクチュエータ手段Ⅴに含まれるロッド変位計514からの信号の差を取る減算器Ⅳ₁と、その差の信号をアクチュエータ手段Ⅴに含まれるサーボ弁525に出力する信号に変換する増幅器Ⅳ₂からなる。

アクチュエータ手段Ⅴは、前記駆動手段Ⅳから出力された信号を前輪転舵角に変化するもので、前輪操舵機構Ⅴ₁と、電気油圧制御機構Ⅴ₂とからなる。

前輪操舵機構Ⅴ₁は、前輪511と、ステアリ

ングリンケージ512と、ロッド513と、ロッド変位計514からなる。

前記電気油圧制御機構Ⅴ₂は、油圧ポンプ521と、油圧を一定の圧力にたもったそのリリーフ弁522と、前記油圧ポンプ521で生ずる油圧の変動を抑えるためのアキュムレータ523と、油圧ピストン524と、前記油圧ピストン524に油を供給する方向を決定するサーボ弁525と、前記油圧ピストン524に油圧を供給するための油圧供給路526と前記油圧ピストン524から排出される油とリリーフ弁522からの漏れ油を回収する油回収路527とこの電気油圧制御機構Ⅴ₂で使用する油を貯蔵する油タンク528とからなる。

前輪511はステアリングリンケージ512によって車体に転舵可能のように支持され、前記ステアリングリンケージ間をロッド513と油圧ピストン524で連結する。また、サーボ弁525は、駆動手段Ⅳからの前輪転舵角と前記制御手段Ⅲからの出力の差、すなわち前輪転舵角偏差量に

相当する信号によって制御される。そして、このサーボ弁525によって油圧ポンプ521及びリリーフ弁522、アキュムレータ523で一定圧力に加圧された油が油供給路526を通して油圧ピストン524の一方の室に供給され、他方の室を油回収路527により油タンク528に通じさせ、前記油圧ピストン524を駆動させ、ロッド513、ステアリングリンケージ512を通じて前輪511を左右に転舵することが可能となる。

また、車両状態検出センサⅥは自動車のミッションの出力軸に取り付けられてた車速センサで構成され、車速 u を検出して前記車速 u を表す信号を出力する。

上記構成からなる本実施例の作用及び効果は、以下通りである。

ハンドルの操舵角を測定する操舵センサⅠと、車両のヨーレート ϕ を出力するヨーレートセンサⅡ、および車両の左右並進方向の加速度を測定する横加速度センサⅡ₁からなる。挙動センサⅡの各々の出力は、制御手段Ⅲのフィードフォワード

信号演算手段Ⅲ₁とフィードバック信号演算手段Ⅲ₂に入力される。

フィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁では操舵角 δ に相当する信号と、微分回路Ⅲ₁₁を経て操舵角速度 $\dot{\delta}$ に相当する信号とに分けられる。

一方フィードバック信号演算手段Ⅲ₂では、ヨーレート ϕ に相当する信号と、一次遅れフィルタⅢ₂₁を経て擬似ヨー角 ψ を表す信号、及び横加速度 \dot{y} に相当する信号から一次遅れフィルタⅢ₂₂を経て擬似横速度 \dot{x} を表す信号と、一次遅れフィルタⅢ₂₃を経て擬似横変位 x を表す信号とに分けられる。

ゲイン変更手段Ⅲ₃の入力部201は、加減算器Ⅲ₃₁の出力である操舵制御量に相当する信号、車速 u に相当する信号の外に挙動センサであるヨーレートセンサⅡ、及び横加速度センサⅡ₁より出力されるヨーレート ϕ に相当する信号と横加速度 \dot{y} に相当する信号が入力される。

そして、該ゲイン変更手段Ⅲ₃では、その入力に基づいて、車両のヨーレートを推定し、その推

定値と実際のヨーレートのピーク値を比較することにより μ を推定し、この μ 推定値と車速 u 。から、現在車両が置かれている状況に最適なゲインを算出する。

そして、これら演算された最適なゲインの値は、ゲイン変更手段Ⅲ。の出力部204からの最適ゲイン出力 G_i ($i=1\sim6$)は、フィードフォワード信号演算手段Ⅲ。の第1係数器Ⅲ₁₁、第2係数器Ⅲ₁₂及びフィードバック信号演算手段Ⅲ₂の4個の係数器Ⅲ₁₁、Ⅲ₁₂、Ⅲ₂₁、Ⅲ₂₂へ入力され、各々の信号 δ 、 $\dot{\delta}$ 、 ϕ 、 $\dot{\phi}$ 、 ψ 、 $\dot{\psi}$ への最適ゲインを与える。

フィードフォワード信号演算手段Ⅲ。の加算器Ⅲ₁₁では、上記操舵角信号 δ とその最適ゲイン G_1 を掛け合わせた信号 $G_1 \cdot \delta$ と操舵角の微分値信号 $\dot{\delta}$ の最適ゲイン G_2 を掛け合わせた信号 $G_2 \cdot \dot{\delta}$ とを加算することにより、フィードフォワード信号 $\delta + G_1 \cdot \delta + G_2 \cdot \dot{\delta}$ を制御信号演算手段Ⅲ₂に出力する。

一方、フィードバック信号演算手段Ⅲ₂の加算

器Ⅲ₂₁では、上記ヨーレート信号 $\dot{\phi}$ と最適なゲイン G_3 を掛け合わせた信号 $G_3 \cdot \dot{\phi}$ と、擬似ヨー角信号 ψ と最適なゲイン G_4 を掛け合わせた信号 $G_4 \cdot \psi$ 、及び擬似横速度信号 $\dot{\psi}$ と最適なゲイン G_5 を掛け合わせた信号 $G_5 \cdot \dot{\psi}$ と、擬似横変位信号 ψ と最適なゲイン G_6 を掛け合わせた信号 $G_6 \cdot \psi$ を加算することによりフィードバック信号 $G_3 \cdot \dot{\phi} + G_4 \cdot \psi + G_5 \cdot \dot{\psi} + G_6 \cdot \psi$ を制御信号演算手段Ⅲ₂に出力する。

駆動手段Ⅳは、制御信号演算手段Ⅲ₂からの操舵制御信号

$$\delta_r = \delta + G_1 \cdot \delta + G_2 \cdot \dot{\delta} + G_3 \cdot \dot{\phi} + G_4 \cdot \psi + G_5 \cdot \dot{\psi} + G_6 \cdot \psi$$

によって、アクチュエータ手段Ⅴを駆動し前輪操舵機構Ⅴ₁を作動させ、所定の操舵制御を行うのである。

すなわち、最適な前輪操舵制御角 δ_r は車両の状態挙動量を瞬時瞬時に検出し、各々の寄与度によって係数 G_i を与えることにより、運転者も含めた瞬時状態フィードバック制御系を構成するこ

とになり、運転者が操舵を行う車両に対して最適な操舵角制御を行うことができるものであると共に、前記係数 G_i ($i=1, 2, \sim 6$)は、タイヤと路面間の μ を定常走行時に推定を行い、その μ 推定値と車速 u 。に基づいて決定されるため、例えば路面が滑り易い状況の場合など通常の状況でないときの補正操舵量を加えることも可能となり、運転者がタイヤ、路面状況の変化に気づかないような場合でも車両の応答性や安定性を自動的に調整し、天候や路面の状態に合った最適な操舵角制御を行うことが可能となる。

第2実施例

本発明の第二実施態様に属する第2実施例の車両の操舵制御装置を、第13図ないし第20図を用いて前記第1実施例との相違点を中心に説明する。

本実施例の車両の操舵制御装置は、車両の前輪操舵装置に適用したもので、基本的には第6図に示される第二実施態様に属し、操舵センサⅠと、挙動センサⅡと、制御手段Ⅲと、駆動手段Ⅳと、

アクチュエータ手段Ⅴと、車両状態検出センサⅥおよびⅦとからなる。

前記挙動センサⅡは、第13図に示すように、車両の重心回りの回転角速度を検出するヨーレートセンサⅡ₁と、車両の左右並進方向の加速度を測定する横加速度センサⅡ₂とからなる。

車両状態検出センサは、第13図に示すように、自動車のミッションの出力軸に取り付けられて、車速 u 。を検出して車速 u 。を表す信号を出力する車速センサⅥと、各タイヤの回転角速度を測定する車輪回転角速度センサⅦ₁₁ ($i=1, 2, 3, 4$)と、各タイヤにかかる荷重を測定する荷重センサⅦ₁₂ ($i=1, 2, 3, 4$)とからなる。

前記制御手段Ⅲは、フィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁と、フィードバック信号演算手段Ⅲ₂と、制御信号演算手段Ⅲ₃と、ゲイン変更手段Ⅲ₄とからなる。

また、係数設定器Ⅲ₁₁はヨーレートのフィードバックゲイン G_3 を、係数設定器Ⅲ₁₂はヨー角のフィードバックゲイン G_4 を、係数設定器Ⅲ₂₁は

横速度のフィードバックゲイン G_y を、係数設定器Ⅲ₁₇は横変位のフィードバックゲイン G_x を各々の信号に掛け合わせるために用いられ、これら4個の係数設定器Ⅲ₁₁、Ⅲ₁₂、Ⅲ₁₆、Ⅲ₁₇より出力される信号を加算するために前記加算器Ⅲ₁₀、Ⅲ₁₃、Ⅲ₁₅は用いられる。

制御信号演算手段Ⅲ₃は、前記フィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁より出力される信号と、前記フィードバック信号演算手段Ⅲ₂より出力される信号を加減算する加減算器Ⅲ₁₁とからなる。

ゲイン変更手段Ⅲ₄は、前記ヨーレート ϕ に相当する信号と、車速 u に相当する信号と、前記各輪回転角速度に相当する信号と、前記各輪荷重に相当する信号、および加減算器Ⅲ₁₁の出力である操舵制御量に相当する信号を取り込む入力部201と、該入力信号に基づいて車両の挙動量推定及びタイヤと路面間の μ 推定とタイヤのスリップ率の算出を行い、その結果から最適なゲインを算出する演算処理部202と、車両諸元及び前記演算処理部202の演算処理法とその演算結果を記

憶している記憶部203と、前記演算処理部202で選択された最適ゲインを出力する出力部204とから構成されるマイクロコンピュータ200からなる。

該マイクロコンピュータ200で行う機能について、第14図のフローチャートに沿って以下に説明する。

まず、イグニッションキーON時に、マイクロコンピュータ200のプログラムが起動し、初期化を行う(P21)。この初期化のルーチンP21では、A/Dコンバータ、D/Aコンバータ等ハードウェアのイニシャライズおよび各制御パラメータの初期設定を行う。

次に、初期化ルーチンP21が終了すると、挙動センサからヨーレート ϕ 、一次遅れフィルタⅢ₁₄から擬似ヨー角 ψ 、一次遅れフィルタⅢ₁₉から擬似横速度 \dot{y} 、一次遅れフィルタⅢ₂₀から擬似横変位 y 、操舵センサIから操舵角 δ_r 、車両状態検出センサVIから車速 u 。および荷重センサVI₁($i=1, 2, 3, 4$)から各輪荷重を、A/

Dコンバータを介してマイクロコンピュータ200に取り込む(P22)。

次いで、車速 u と車両諸元に基づいて、車両のヨーレート推定モデル(8)式の係数(7)、(8)式を求め、その係数と加減算器Ⅲ₁₁の出力である操舵制御量に対して(8)式を解くことにより、車両のヨーレートの推定値 ϕ_e を求める(P23)。

次に、A/Dコンバータから入力したヨーレート ϕ とP23で求めたヨーレート推定値 ϕ_e のそれぞれについて、対応関係にある(同じ操舵制御量によって生じた) ϕ と ϕ_e の信号の変曲点、すなわち、信号の凹凸部のピーク値の大きさおよびピーク位相値を求める(P24)。

次いで、P24で求められたピーク値位相差から μ を推定する(P25)。すなわち、P24で求められたピーク値位相差が或るしきい値(例えば、 90°)より大であるならば低 μ と判定し、次のステップに進む。また、このピーク値位相差が前記しきい値以内であるならば、ピーク比 ϕ/ϕ_e を計算するとともに、車両諸元及び車速 u 。

から(7)、(8)式より(9)式の μ 推定式の係数を算出し、その係数とピーク比から(9)式を解いて μ を推定する。

次いで、P22で読み込んだ車速 u と各輪回転角速度からスリップ率を算出する(P26)。

次に、P25で推定された路面の μ 推定値と、P26で算出したスリップ率および車速 u に対して、マップから最適な係数設定器の係数を決定し、前記係数設定器Ⅲ₁₁、Ⅲ₁₂、Ⅲ₁₆、Ⅲ₁₇へ出力し(P27)、その後P22へ戻る。

ここで、P27の内容について、第15図のフローチャートに沿って、更に詳細に説明する。

まず、イグニッションキーON時に作動し各種初期値を設定する(P271)。

次に、 μ 推定値とスリップ率の読み込みを行う(P272)。

次いで、タイヤと路面間の状態を判定する(P273)。すなわち、まず、 μ 推定値の補正及び重み付けを行い(例えば第16図)、その補正値

に対して、クラス分けを行う（例えば、第17図）。次に、スリップ率の補正及び重み付けを行う（例えば、第18図）。そして、以上の結果より得られた値のうち、小さい方の値をタイヤと路面間の判定値 G_A とする。

次に、車速 u の読み込みを行う（P274）。

次いで、車速 u のクラス分けをし（例えば第19図）、その値を G とする（P275）。

次に、係数器係数を決定する（P276）。すなわち、P273の出力である G_A およびP275の出力である G に基づき、第20図に示すマップなどから係数器の係数を算出する。

次いで、決定された係数を各係数器に出力する（P277）。但し、本実施例では、P276で決定された係数の変更が急激に行われないように、予め定められた係数の変化量の最大値に基づき、もし現在の係数と決定された係数との差が上記最大値以下であるならば、現在の係数を決定された係数にそのまま変更し、また、現在の係数と決定された係数が上記最大値以上であるならばその係

数変更は上記最大値とし、段階的に決定された係数に漸近させるようにするか、或いは、現在の係数を初期条件とする安定な一次遅れフィルターに決定された係数を通過させることにより係数の変更を行う。

次に、駆動手段IV、アクチュエータ手段V、および前輪操舵機構V₁は、前述の第1実施例と同様に構成した。

上記構成からなる本実施例の作用及び効果は、以下の通りである。

ゲイン変更手段Ⅲ₄の入力部201は、加減算器Ⅲ₁の出力である操舵制御量に相当する信号と、車速 u に相当する信号の外に挙動センサであるヨーレートセンサⅡ₁及び横加速度センサⅡ₂より出力されるヨーレート ϕ に相当する信号と横加速度 y に相当する信号と、車両状態検出センサである車輪回転角速度センサⅦ_{1i}（ $i=1, 2, 3, 4$ ）及び荷重センサⅦ_{1z}（ $i=1, 2, 3, 4$ ）より出力される車輪回転角速度に相当する信号と各輪にかかる荷重に相当する信号が入力される。

Ⅲ₁に出力する。

一方、フィードバック信号演算手段Ⅲ₂の加算器Ⅲ₂₁では、上記ヨーレート信号 ϕ と最適ゲイン G_1 を掛け合わせた信号 $G_1 \cdot \phi$ と、擬似ヨー角信号 φ と最適ゲイン G_2 を掛け合わせた信号 $G_2 \cdot \varphi$ 、及び擬似横速度信号 \dot{y} と最適ゲイン G_3 を掛け合わせた信号 $G_3 \cdot \dot{y}$ と、擬似横変位信号 \hat{y} と最適ゲイン G_4 を掛け合わせた信号 $G_4 \cdot \hat{y}$ を加算することによりフィードバック信号 $G_1 \cdot \phi + G_2 \cdot \varphi + G_3 \cdot \dot{y} + G_4 \cdot \hat{y}$ を制御信号演算手段Ⅲ₃に出力する。

駆動手段IVは、制御信号演算手段Ⅲ₃からの操舵制御信号

$$\delta_r = \delta + G_1 \cdot \delta + G_2 \cdot \varphi + G_3 \cdot \phi + G_4 \cdot \varphi + G_5 \cdot \dot{y} + G_6 \cdot \hat{y}$$

によって、アクチュエータ手段Vを駆動し前輪操舵機構V₁を作動させ、所定の操舵制御を行うのである。

すなわち、最適な前輪操舵制御角 δ_r は車両の状態挙動量を瞬時瞬時に検出し、各々の寄与度

そして、該ゲイン変更手段Ⅲ₄では、その入力に基づいて、車両のヨーレートを推定し、その推定値と実際のヨーレートのピーク値を比較することにより μ を推定し、この μ 推定値と車速 u から、現在車両が置かれている状況に最適なゲインを算出する。

そして、これら演算された最適ゲインの値は、ゲイン変更手段Ⅲ₄の出力部204からの最適ゲイン出力 G_i （ $i=1 \sim 6$ ）は、フィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁の第1係数器Ⅲ₁₁、第2係数器Ⅲ₁₂及びフィードバック信号演算手段Ⅲ₂の4個の係数器Ⅲ₂₁、Ⅲ₂₂、Ⅲ₂₃、Ⅲ₂₄へ入力され、各々の信号 δ 、 δ 、 ϕ 、 φ 、 \dot{y} 、 \hat{y} への最適ゲインを与える。

フィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁の加算器Ⅲ₁₁では、上記操舵角信号 δ とその最適ゲイン G_1 を掛け合わせた信号 $G_1 \cdot \delta$ と操舵角の微分値信号 $\dot{\delta}$ の最適ゲイン G_2 を掛け合わせた信号 $G_2 \cdot \dot{\delta}$ を加算することにより、フィードフォワード信号 $\delta + G_1 \cdot \delta + G_2 \cdot \dot{\delta}$ を制御信号演算手段

よって係数 G_i を与えることにより、運転者も含めた瞬時状態フィードバック制御系を構成することになり、運転者が操舵を行う車両に対して最適な舵角制御を行うことができるものであると共に、前記係数 G_i ($i=1, 2, \sim 6$)は、良路相当において生ずるヨーレート推定値と実際のヨーレートを比較することによりタイヤと路面間の μ を定常走行時に推定すると共に、各輪のスリップ率を算出し、その μ 推定値とスリップ率と車速 u に基づいて決定される。そのため、例えば路面が滑り易い状況等においては通常の状況とは異なる補正操舵量を加えることが可能となり、さらに、ヨーレートが生じない直進時等においてタイヤがスリップすることにより生ずるふらつきやスピンを防止することが可能になる。従って、運転者がタイヤ、路面状況の変化に気づかないような場合や急発進及び急停止時でも車両の応答特性を自動的に調整し、天候や路面の状態に合った最適な舵角制御を行うことが可能となる。

第3実施例

前記車輪回転角速度に相当する信号、および前記各輪荷重に相当する信号と前記路面形状に相当する信号とを取り込む入力部201と、該入力信号に基づいて車両挙動量の推定と、タイヤと路面間の μ 推定、各車輪のスリップ率の算出、および路面形状の判定とセンサ異常の判定を行い、その結果から最適なゲインを算出する演算処理部202と、車両諸元及び該演算処理部202の演算処理法とその演算結果を記憶している記憶部203と、前記演算処理部202で選択された最適ゲインを出力する出力部204とから構成されるマイクロコンピュータ200からなる。

該マイクロコンピュータ200で行う機能を、第22図のフローチャートに沿って詳細に説明する。

まず、イグニッションキーON時に、マイクロコンピュータ200のプログラムが起動し、初期化を行う(P31)。この初期化のルーチンP31では、A/Dコンバータ、D/Aコンバータ等ハードウェアのイニシャライズおよび各制御パラメ

本発明の第一実施態様、第二実施態様、第三実施態様及び第四実施態様に属する第3実施例の車両の操舵制御装置を、第21図および第22図を用いて、前記第2実施例との相違点を中心に説明する。

本実施例の車両の操舵制御装置は、車両の前輪操舵装置に適用したもので、基本的には第5図に示される第一実施態様に属し、操舵センサIと、挙動センサIIと、制御手段IIIと、駆動手段IVと、アクチュエータ手段Vと、車両状態検出センサVIおよびVIIとからなる。

車両状態検出センサは、第21図に示すように、車速センサVIと、各タイヤの回転角速度を測定する車輪回転角速度センサVII_i ($i=1, 2, 3, 4$)と、各タイヤにかかる荷重を測定する荷重センサVII_i ($i=1, 2, 3, 4$)と路面の形状センサVII_i ($i=1, 2, 3, 4$)とからなる。

ゲイン変更手段IIIは、前記ヨーレート ϕ に相当する信号と車速 u に相当する信号と、加減算器III₁の出力である操舵制御量に相当する信号と、

ータの初期設定を行う。

次に、初期化ルーチンP31が終了すると、ヨーレートセンサIIからヨーレート ϕ 、一次遅れフィルタIII₁から擬似ヨー角 ψ 、一次遅れフィルタIII₂から擬似横速度 \dot{y} 、一次遅れフィルタIII₃から擬似横変位 y 、加減算器III₁の出力である操舵制御量、車両状態量検出センサVIおよびVIIから車速 u 、および車輪回転角速度と各輪荷重と路面形状あるいは路面形状に対応する信号(例えば、パネ上相対変位、速度等)を、A/Dコンバータを介してマイクロコンピュータ200に取り込む(P32)。

次に、P32において諸信号の読み込みが終了すると路面形状センサVII_i ($i=1, 2, 3, 4$)の出力から路面形状を判定する(P33)。もし、悪路であると判定されたならば以下のルーチンを通らずにP39へ進む。

次に、P33において悪路ではないと判定されると、操舵角センサ及び車両挙動量センサの出力値が異常であるかどうかを判定する(P34)。

ここでは、例えば次のような点について判定をする。i) センサの出力値が車両運動上起こり得ない値になっていないか。ii) センサの出力値の比較を行い、他と矛盾しているものはないか。もし、この判定条件が満たされ異常と判定された場合は以下のルーチンを通らずにP39へ進む。

次いで、車速 u_0 と各輪荷重と車両諸元に基づいて、車両のヨーレート推定モデル(8)式との係数(7)、(8)式を求め、その係数と加減算器Ⅲ₁₁の出力である操舵制御量に対して(8)式を解くことにより、車両のヨーレートの推定値 ϕ_0 を求める(P35)。

次に、A/Dコンバータから入力したヨーレート ϕ とP35で求めたヨーレート推定値 ϕ_0 のそれぞれについて、対応関係にある(同じ操舵制御量によって生じた) ϕ と ϕ_0 の信号の変曲点、すなわち、信号の凹凸部のピーク値およびピーク位相値を求める(P36)。

次いで、P36で求められたピーク値から μ を推定する(P37)。すなわち、P36で求めら

れたピーク値位相差が或るしきい値(例えば、 90°)より大であるならば低 μ と判定し、次のステップに進む。また、このピーク値位相差が前記しきい値以内であるならば、ピーク比 ϕ/ϕ_0 を計算するとともに、車両諸元及び車速 u_0 から(7)、(8)式より(8)式の μ 推定式の係数を算出し、その係数とピーク比から(8)式を解いて μ を推定する。

次に、P32で読み込んだ車速 u_0 と各輪回転角速度からスリップ率を算出する(P38)。

次いで、P37で推定された路面の μ 推定値と、P38で算出したスリップ率および車速 u_0 と悪路判定及びセンサ異常判定結果に対して、マップから最適な係数設定器の係数を決定し、前記係数設定器Ⅲ₁₂、Ⅲ₁₃、Ⅲ₂₁、Ⅲ₂₂、Ⅲ₂₃、Ⅲ₂₇へ出力し(P39)、その後P32へ戻る。

駆動手段Ⅳ、アクチュエータ手段Ⅴ及び車速検出センサⅥは、第2実施例と同様に構成した。

上記構成からなる本実施例の作用及び効果は以下の通りである。

ゲイン変更手段Ⅲ₄の入力部201は、加減算

器Ⅲ₁₁の出力である操舵制御量に相当する信号と、車速 u_0 に相当する信号の他に挙動センサであるヨーレートセンサⅡ₁及び横加速度センサⅡ₂より出力されるヨーレート ϕ に相当する信号と横加速度 y に相当する信号と、車両状態検出センサである車輪回転角速度センサⅦ_{1i}($i=1, 2, 3, 4$)及び荷重センサⅦ_{1i}($i=1, 2, 3, 4$)及び路面形状センサⅦ_{1i}($i=1, 2, 3, 4$)より出力される車輪回転角速度に相当する信号と各輪にかかる荷重に相当する信号と路面形状あるいは路面形状に対応する信号とが入力される。

そして、該ゲイン変更手段Ⅲ₄では、その入力に基づいて、第1実施例と同様に最適なゲインを算出して、該ゲイン変更手段Ⅲ₄の出力部204からの最適ゲイン出力 G_i ($i=1\sim6$)は、フィードフォワード信号演算手段Ⅲ₁の第1係数器Ⅲ₁₂、第2係数器Ⅲ₁₃及びフィードバック信号演算手段Ⅲ₂の4個の係数器Ⅲ₂₁、Ⅲ₂₂、Ⅲ₂₃、Ⅲ₂₇へ入力され、各々の信号 δ 、 δ 、 ϕ 、 ϕ 、 y 、 y への最適ゲインを与える。

本実施例では、悪路判定及びセンサ異常判定を行うことにより、車両の挙動信号や操舵角信号等を係数倍してフィードバック及びフィードフォワード信号として用いていることから生ずる制御系に与える悪影響を防止することができる。つまり、例えば車両運動から生じたものではなく路面の凹凸による車両振動を挙動量検出センサが感知し、その信号をあたかも車両運動により生じたものとしてフィードフォワード及びフィードバックしてしまうことやセンサが故障することにより生じた異常な信号をフィードフォワード及びフィードバックしてしまうことによる操舵制御系に生ずる誤動作を防止できる。これにより、第2実施例の操舵制御効果に加え、より安全かつ信頼性の高い制御系を構成することが可能になる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の概念を示す概略構成図、第2図ないし第4図は従来技術を示す概略構成図、第5図は本発明の第一実施態様を示す概略構成図、

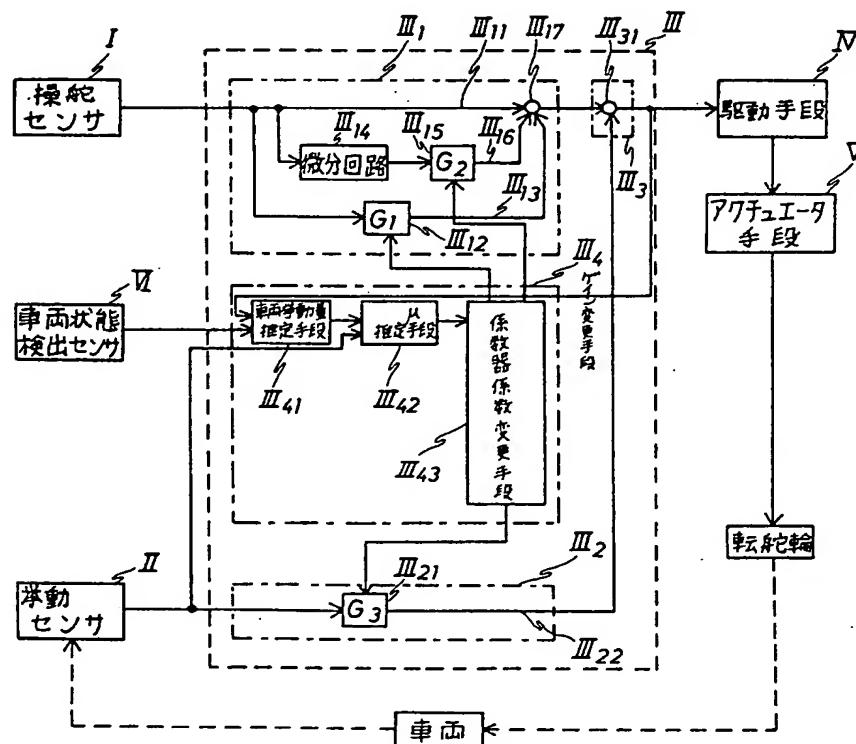
第6図は本発明の第二実施態様を示す概略構成図、第7図は本発明の第三実施態様を示す概略構成図、第8図は本発明の第四実施態様を示す概略構成図、第9図は本発明の μ 推定法の原理説明図、第10図ないし第12図は本発明の第1実施例を示し、第10図はその全体を示すシステム図、第11図は一次遅れフィルタの原理説明図、第12図はゲイン変更手段のフローチャート、第13図ないし第20図は本発明の第2実施例を示し、第13図はその全体を示す図、第14図はゲイン変更手段のフローチャート、第15図はゲイン変更手段における係数器係数の選択ルーチンを示すフローチャート、第16図は第15図における μ 推定値の補正及び重み付けの一例を示す線図、第17図は第15図における補正值に対してクラス分けの一例を示す線図、第18図は第15図におけるスリップ率の補正及び重み付けの一例を示す線図、第19図は第15図における車速 u のクラス分けの一例を示す線図、第20図は第15図における係数算出のためのマップの一例を示す線図、第2

1図および第22図は本発明の第3実施例を示し、第21図はその全体を示すシステム図、第22図はゲイン変更手段のフローチャートである。

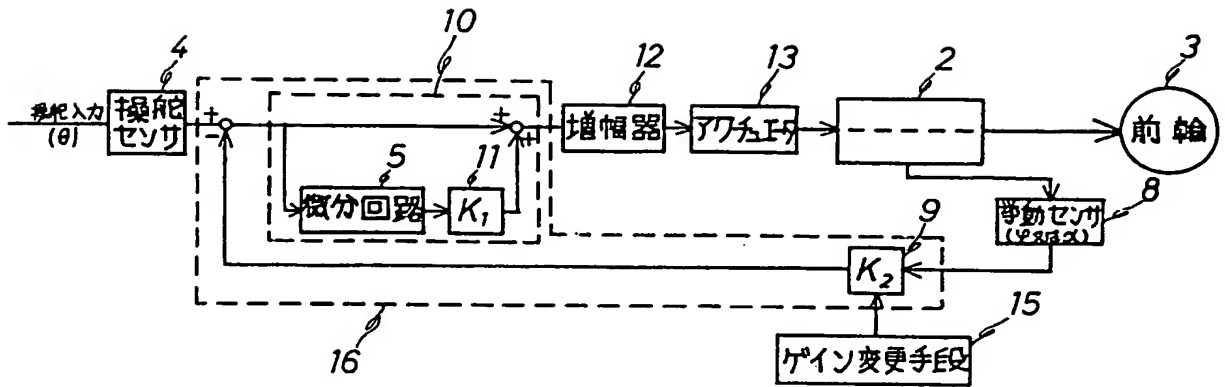
I... 操舵センサ、II... 挙動センサ、III... 制御手段、III₁... フィードフォワード信号演算手段、III₁₁... 操舵角信号回路、III₁₂... 第1係数器、III₁₃... 操舵角信号演算回路、III₁₄... 微分回路、III₁₅... 第2係数器、III₁₆... 操舵角速度信号演算回路、III₁₇... 加算器、III₂... フィードバック信号演算手段、III₂₁... 第3係数器、III₂₂... 挙動量信号演算回路、III₃... 制御信号演算手段、III₃₁... 加算器、III₄... ゲイン変更手段、III₄₁... 車両挙動量推定手段、III₄₂... ゲイン変更手段、III₄₃... 係数器係数変更手段、IV... 駆動手段、V... アクチュエータ手段

特許出願人

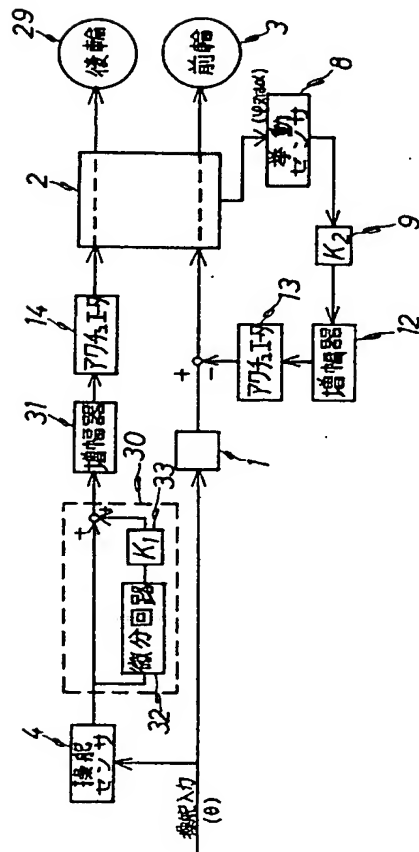
株式会社豊田中央研究所



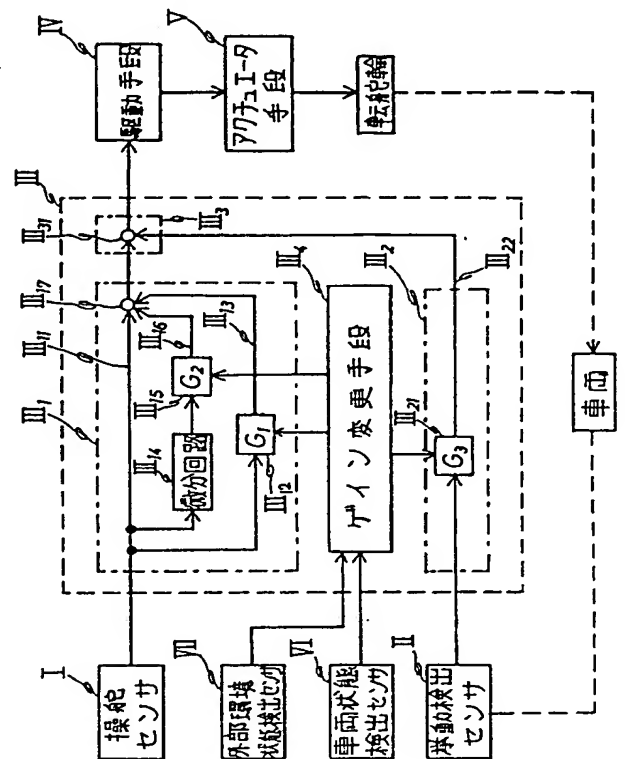
第7図

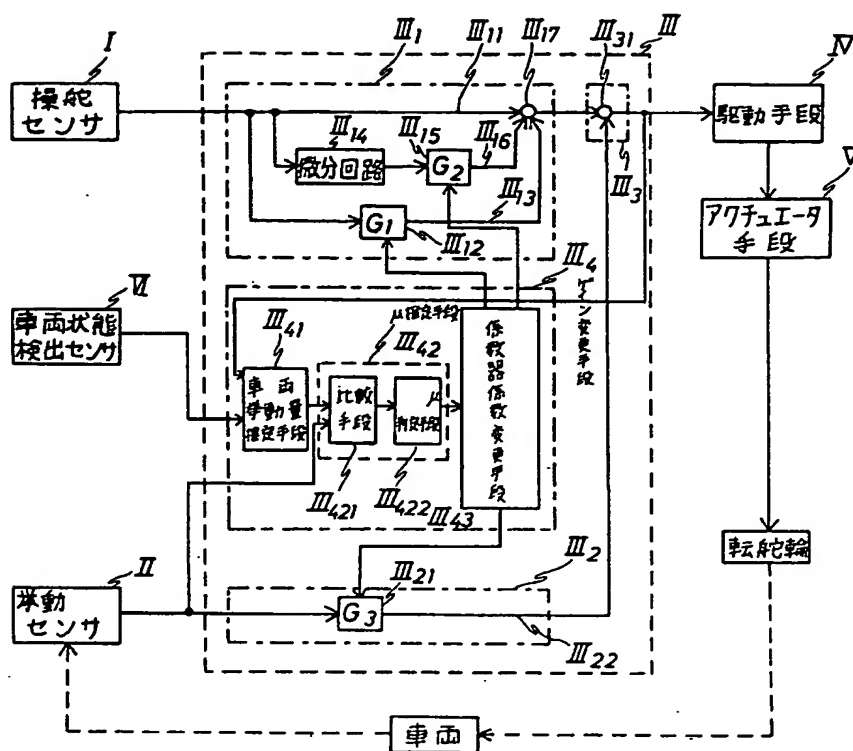


第2図

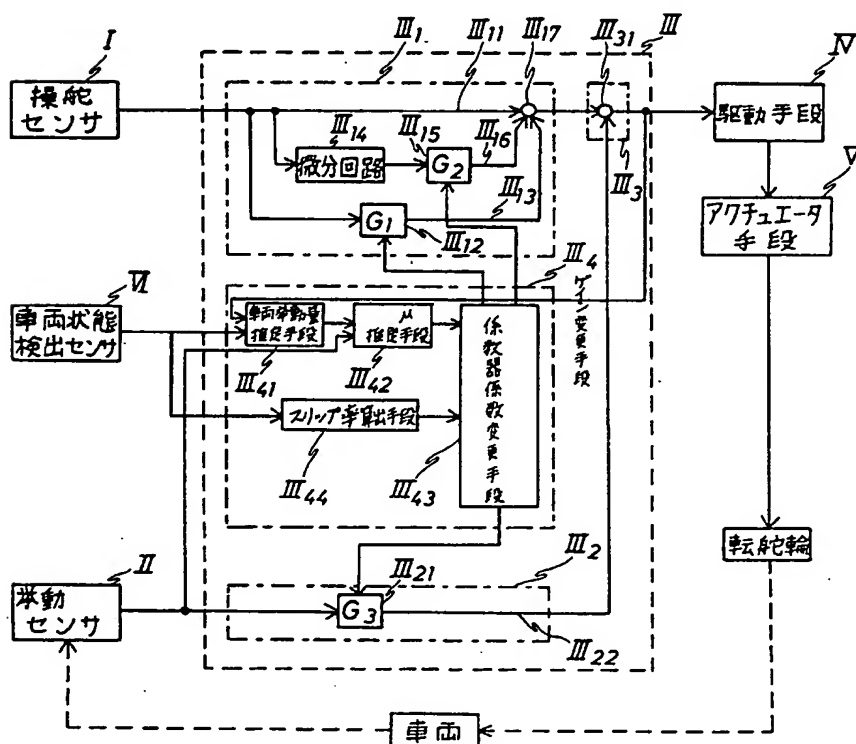


第3図

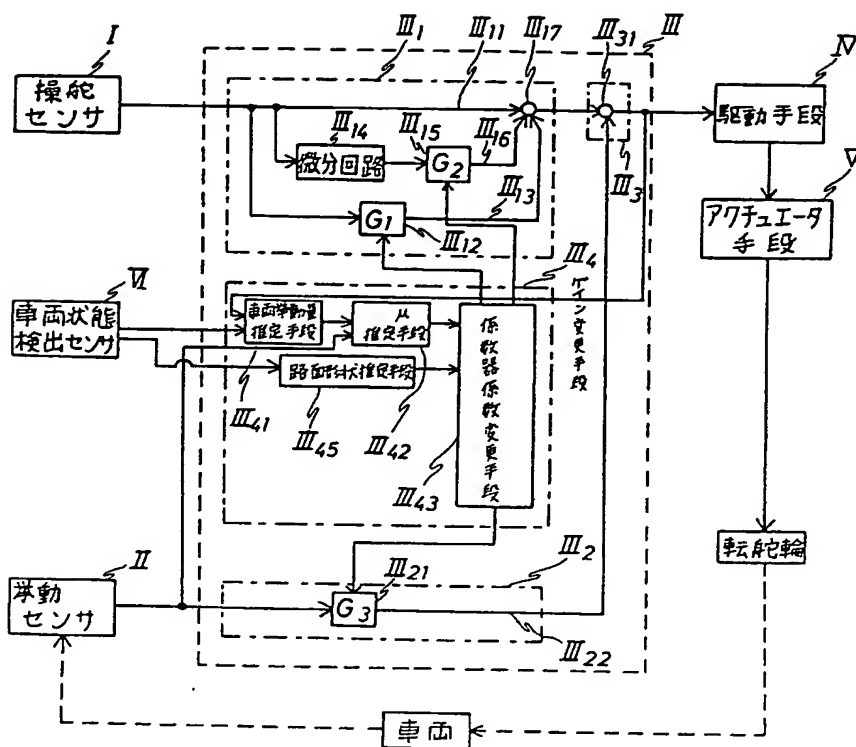




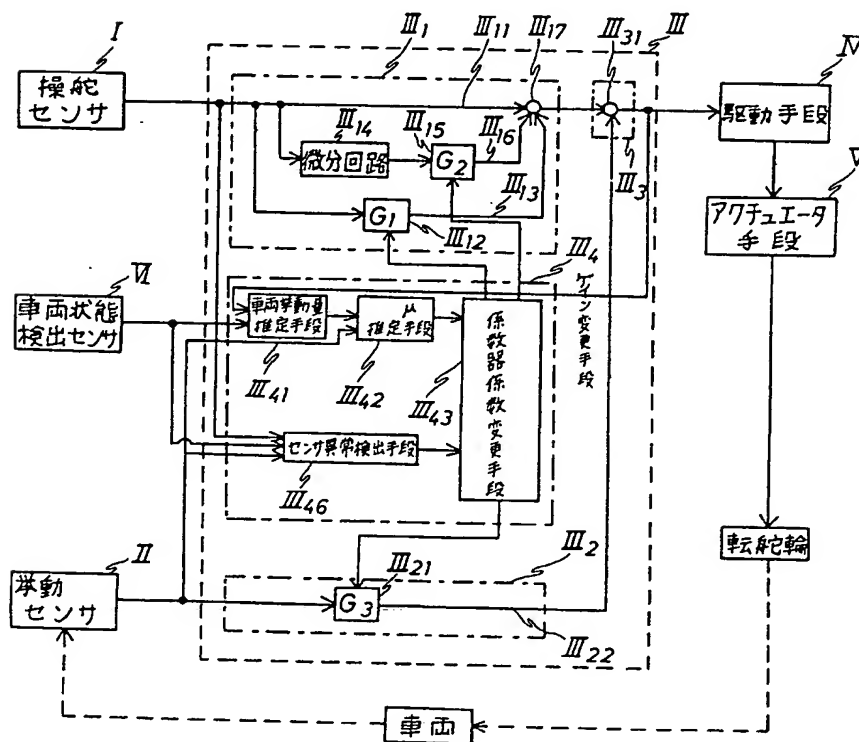
第5図



第6図

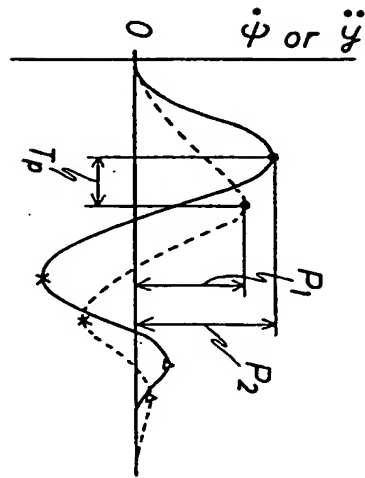


第7図

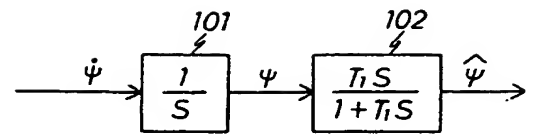


第8図

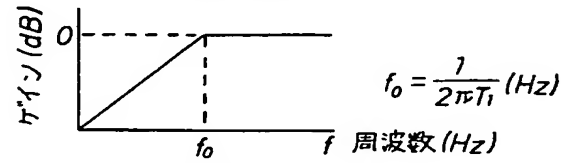
第9図



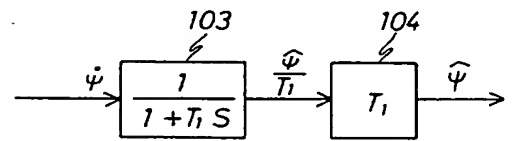
— : 測定値
 - - - : 推定値
 ●, ×, Δ : ψ - $\dot{\psi}$ 値
 P_1 : ψ - $\dot{\psi}$ 値の大きさ
 T_p : ψ - $\dot{\psi}$ 値間の位相差



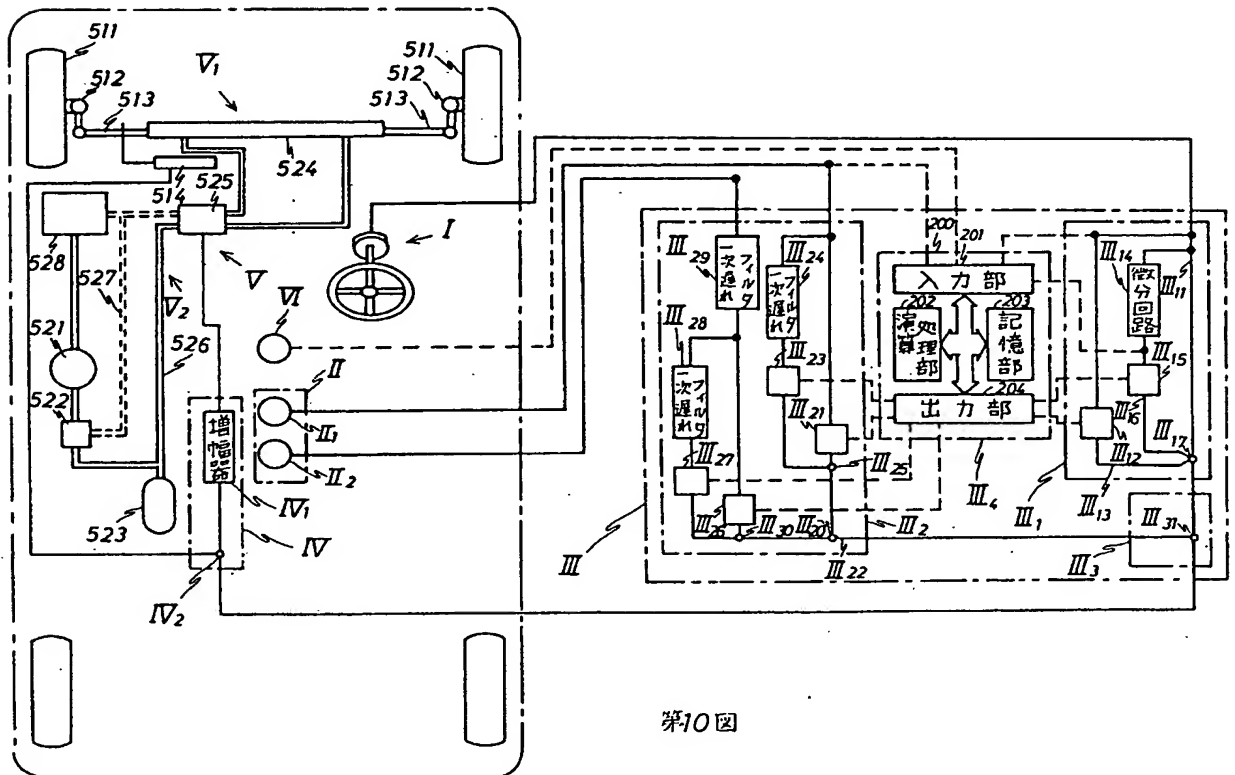
第11図 (a)



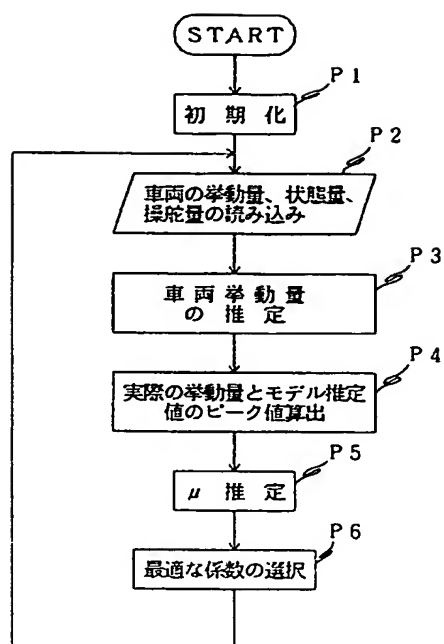
第11図 (b)



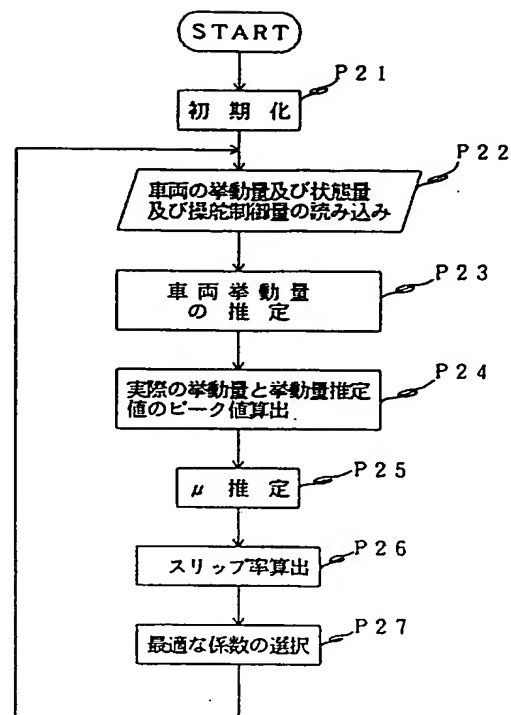
第11図 (c)



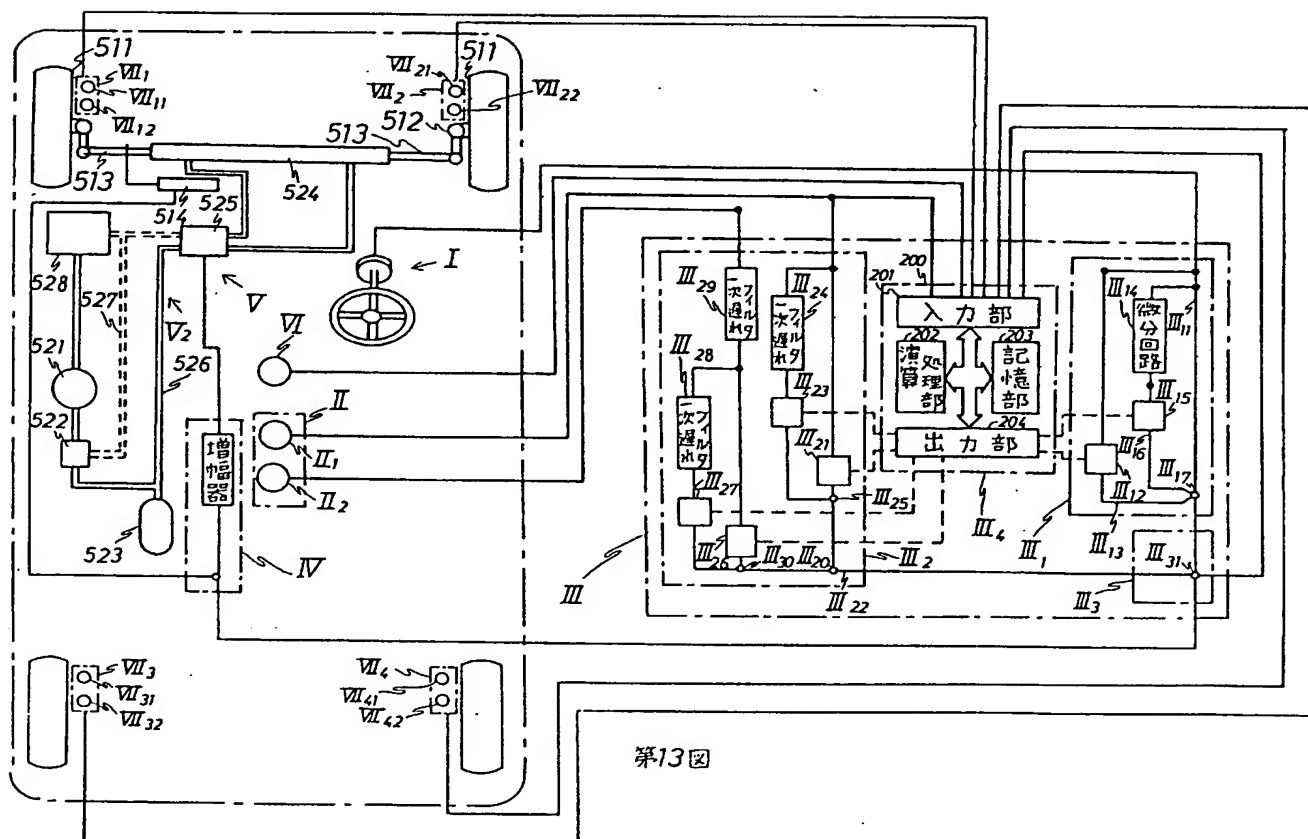
第10図



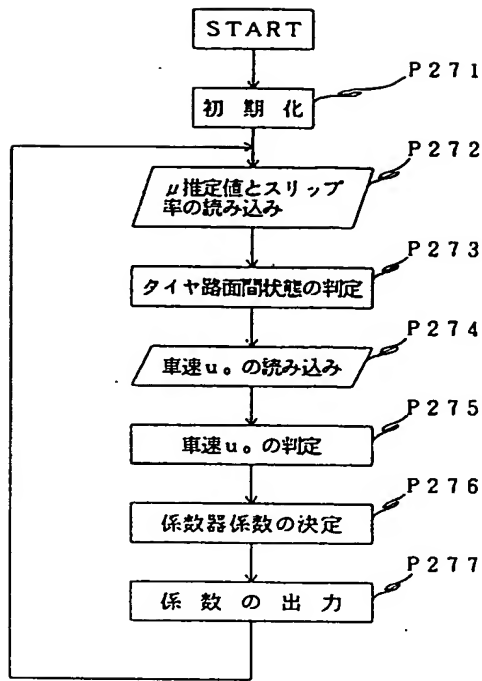
第 12 図



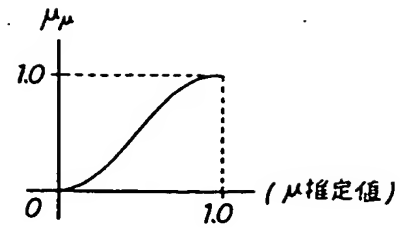
第 14 図



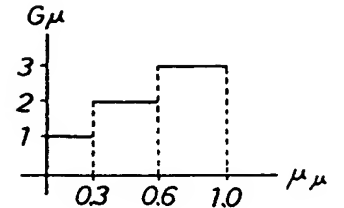
第13圖



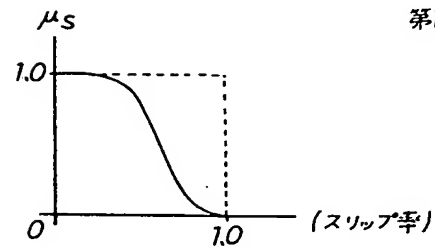
第 15 図



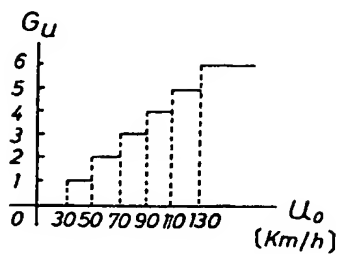
第16図



第17図



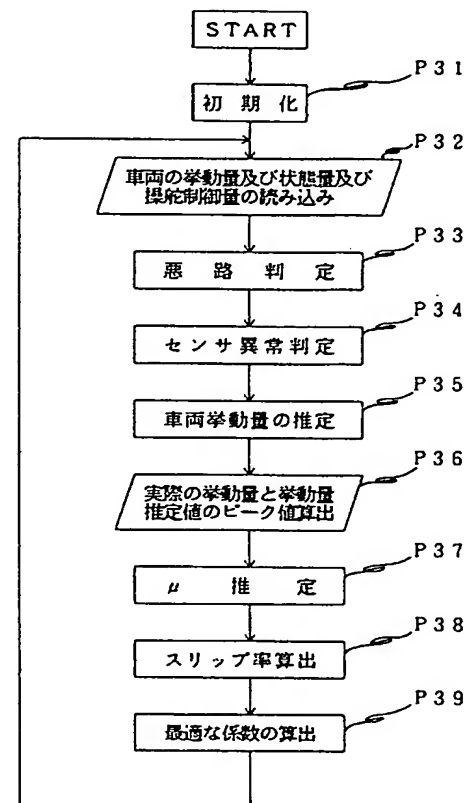
第18図



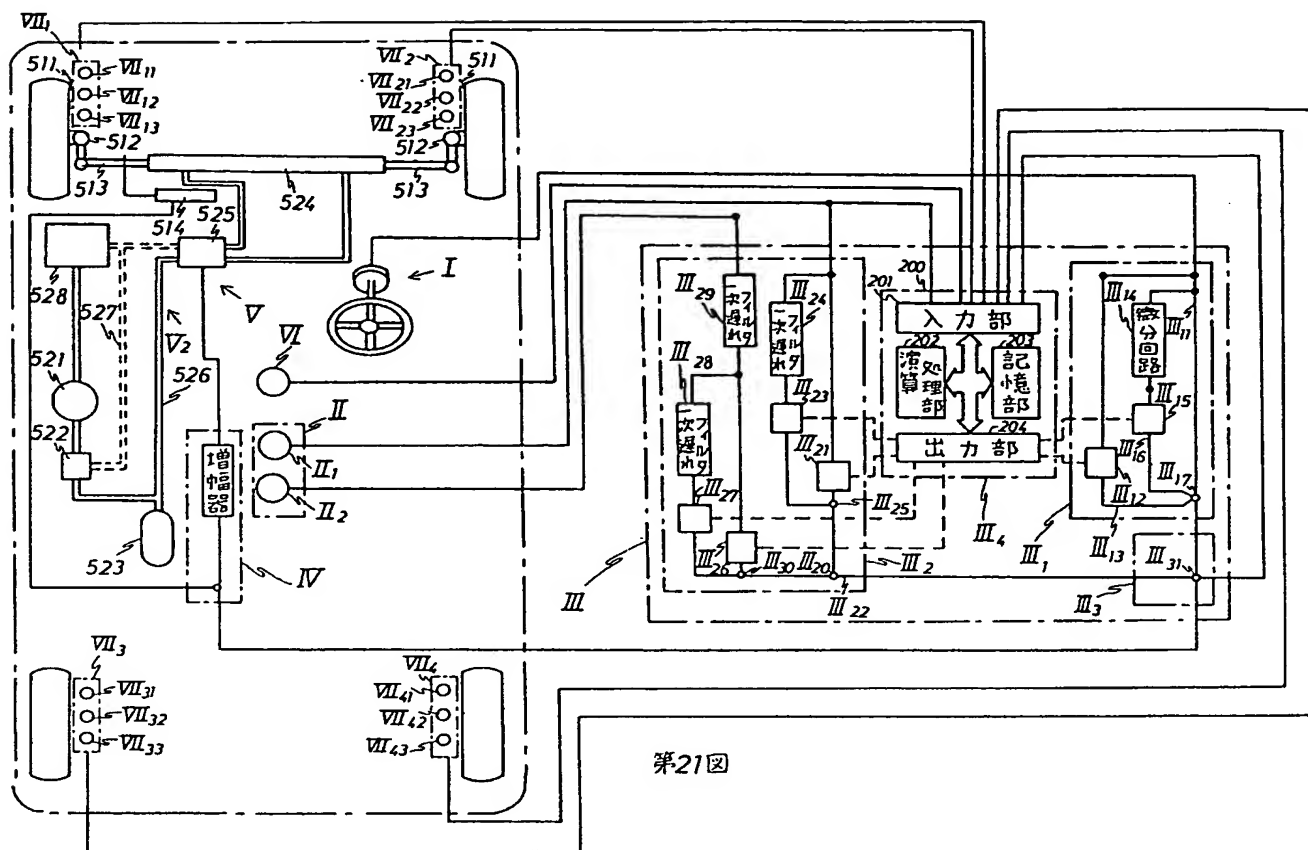
第19図

| | | | | | | | | |
|-----------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| G_{μ} | 3 | | ϕ_{31}^* | ϕ_{32}^* | ϕ_{33}^* | ϕ_{34}^* | ϕ_{35}^* | ϕ_{36}^* |
| | 2 | ϕ_{20}^* | ϕ_{21}^* | ϕ_{22}^* | ϕ_{23}^* | ϕ_{24}^* | ϕ_{25}^* | ϕ_{26}^* |
| | 1 | | ϕ_{11}^* | ϕ_{12}^* | ϕ_{13}^* | ϕ_{14}^* | ϕ_{15}^* | ϕ_{16}^* |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | | G_u | | | | | | |

第20図



第 22 図



第21図

手続補正書 (自発)

平成 1年 2月 8日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示

昭和62年特許第284046号

2. 発明の名称

車両の操舵制御装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1
(360) 株式会社豊田中央研究所
代表取締役 小松 登

4. 代理人

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1
株式会社豊田中央研究所内
(8304) 弁理士 西橋 克彦

5. 補正の対象

明細書の「発明の詳細な説明」の欄及び
図面 (第10図、第15図および第17図)

6. 補正の内容

A. 明細中の記載を次の通り補正する。

(1) 第45頁第17行ないし最下行に「一次遅れ・・・横変位 γ 、」とあるを削除する。

(2) 第46頁第4行に「車両緒元」とあるを「車両緒元」とする。

(3) 第46頁第5行および

第57頁第4行に「推定モデル(8)式」とあるを「推定モデル前記(8)式」とする。

(4) 第50頁第16行、

第60頁第14行および

第69頁第3行に「及び横加加速度センサII、」とあるを削除する。

(5) 第50頁第17行ないし第18行に「と横加加速度 γ に相当する信号」とあるを削除する。

(6) 第56頁第15行ないし第19行に「一次遅れ・・・VIから車速 u 。」とあるを「加減算器III_iの出力である操舵制御量に相当する信号 δ_i 、車速センサVIから車速 u 、車輪回転角速度センサVII_i ($i=1, 2, 3, 4$) から各輪回転角

速度、」とする。

(7) 第58頁第14行ないし第16行に「イグニッションキー・・・次に、」とあるを削除する。

(8) 同頁第17行に「(P272)」とあるを「(P271)」とする。

(9) 同頁第19行に「273」とあるを「272」とする。

(10) 第58頁最下行ないし第59頁第5行に「その補正值・・・間の判定値 $G\mu$ とする。」とあるを「次にスリップ率の補正および重み付けを行う(例えば第18図)。そして、以上の結果より得られた値のうち小さい方の値(μ_a)をとり、さらにその値に対してクラス分けを行い(例えば、第17図)、このクラス分けにより得られた値をタイヤと路面間の判定値 $G\mu$ とする。」とする。

(11) 第59頁第6行に「P274」とあるを「P273」とする。

(12) 同頁第8行に「P275」とあるを「P274」とする。

(13) 同頁第9行に「P276」とあるを「P2

75」とする。

(14) 同頁第14行に「(P277)」。但し、本実施例では、P276」とあるを「(P276)」。但し、本実施例では、P275」とする。

(15) 第60頁第15行ないし第16行に「と横加速度 \ddot{y} に相当する信号」とあるを削除する。

(16) 第61頁第7行に「ゲインの値は、」とあるを「ゲインの値、すなわち」とする。

(17) 第66頁第3行ないし第6行に「一次遅れ・・・横変位 Δ 、」とあるを削除する。

(18) 同頁第8行に「車速 u 、および」とあるを「車速 u 。および」とする。

(19) 第69頁第4行ないし第5行に「相当する信号と横加速度 \ddot{y} に」とあるを削除する。

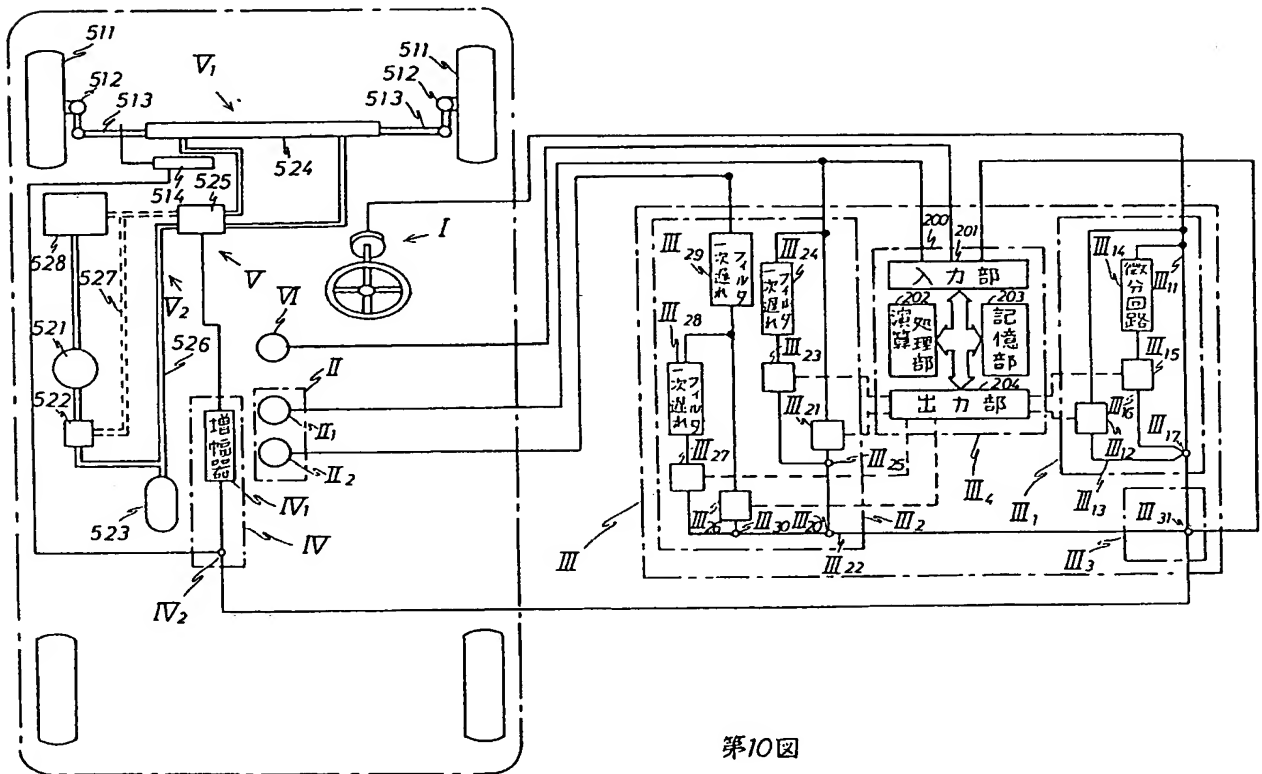
B. 図面の第10図、第15図および第17図を別紙の通り補正する。

7. 添付書類の目録

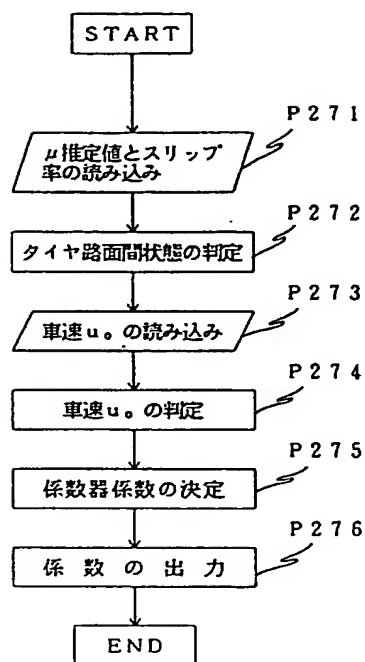
補正した図面

1通

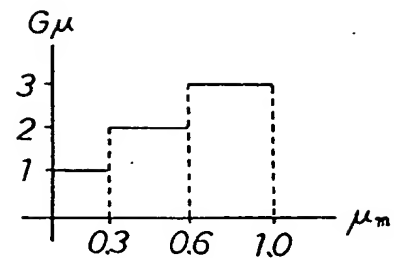
(第10図、第15図および第17図)



第10図



第 15 図



第17図